PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 29. 1. Dezember 1903. 4. Jahrgang.

Redaktionsschluss für No. 30 am 9. Dezember 1903.

INHALT.

Originalmitteilungen:

H. Gerdien, Registrierung der Niederschlags-Elektrizität im Göttinger Geophysikalischen Institut. S. 837.

K. Przibram, Über die Entladung in Gasgemischen. S. 842.

W. B. v. Czudnochowski, Zwei Beobachtungen eigenartiger Bewegungserscheinungen am freien Kohlelichtbogen. S. 845.

P. Hertz, Über Energie und Impuls der Röntgenstrahlen. (Vorläufige Mitteilung.) S. 848.

A. Schweitzer, Beeinflusst der Magnetismus die chemischen Reaktionen bei Silberhalogen- und lichtempfindlichen Eisensalzen? S. 852.

S. Kalischer, Über die krystallinische Struktur der Metalle. Eine verspätete Reklamation. S. 854.

Besprechungen:

E. Gumlich, Präzisionsmessungen mit Hilfe der Wellenlänge des Lichts. S. 856.

F. Thümmler, Fliehkraft und Beharrungsregler. S. 856.

B. Donath, Physikalisches Spielbuch. S. 856.

A. Reychler, Physikalisch-chemische Theorien. S. 857.

M. Faraday, Experimentaluntersuchungen über Elektrizität. 16.—19. Reihe. S. 857.

A. Frhr. v. Hübl, Die Ozotypie. S. 858.

F. Stolze, Chemie für Photographen. S. 858.

A. Classen, Ausgewählte Methoden der analytischen Chemie. II. S. 858.

W. Wundt, Gustav Theodor Fechner. S. 859.

W. Borchers, Elektrometallurgie. II. S. 859

H. Bauer, Telegraphie ohne Draht, Röntgenstrahlen, Teslalicht. S. 860.

Ch. Huyghens, Abhandlung über das Licht. S. 860.

Personalien. S. 860.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Registrierung der Niederschlags-Elektrizität im Göttinger Geophysikalischen Institut.[1])

Von H. Gerdien.

Die K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen beschloss im Jahre 1901 Beobachtungen der Niederschlags-Elektrizität ausführen zu lassen. Die Vorarbeiten wurden im Januar 1902 mit der Errichtung einer besonderen Beobachtungshütte auf dem Grundstück des damals im Bau befindlichen neuen geophysikalischen Institutes begonnen. Die luftelektrische Hütte liegt mitten in einer jungen Kiefernwaldung ausserhalb des Wind- und Regenschattens des Hauptgebäudes; ihr Platz scheint insofern sehr günstig, als einerseits bei den hierorts vorzüglich in Verbindung mit Niederschlägen auftretenden Winden aus dem Süd-West-Quadranten der Wind über mehrere 100 m Waldbestand hinwegstreichen muss, wodurch seine Geschwindigkeit in den unteren Luftschichten derart herabgemindert wird, dass selbst bei heftigen Böen der Einfallswinkel der Regentropfen, Graupeln und Hagelkörner nur ausnahmsweise 30 überschreitet. Andererseits ist der Ausblick bis zum Horizont nach Süden über Westen, Norden bis Nordnordosten ein ungehinderter — ein Umstand, der die Durchführung einer Experimentaluntersuchung der Niederschlags-Elektrizität in erster Linie ermöglicht, handelt es sich doch für den Beobachter darum, beim Herannahen einer Böe oder eines Gewitters rechtzeitig zur Stelle zu sein und sein Instrumentarium stets zur Beobachtung bereit zu halten.

Vorversuche. Die grundlegenden Untersuchungen von Elster und Geitel[1]) machten es möglich, die hiesigen Arbeiten sogleich mit einer erprobten Versuchsanordnung zu beginnen; so wurden denn auch die ersten Beobachtungen der Niederschlagselektrizität und des Potentialgefälles im wesentlichen nach der von Elster und Geitel ausgearbeiteten Methode durchgeführt. Bald stellte es sich aber heraus, dass es für einen einzelnen Beobachter schlechterdings unmöglich ist, gleichzeitig den schnell veränderlichen Verlauf der Niederschlagselektrizität und des Potentialgefälles zu verfolgen und dann noch seine Aufmerksamkeit in gebührendem Masse den meteorologischen Erscheinungen zuzuwenden; da ferner auch eine in kurzen Intervallen ausgeführte Beobachtung der Niederschlagsmenge im Zusammenhang mit den elektrischen Messungen nicht unwichtig erschien, begann ich im Juli 1902 mit der Konstruktion einer photographischen Registriervorrichtung für Niederschlagselektrizität, Potentialgefälle und Niederschlagsmenge. Aus den Vorarbeiten ist die folgende Versuchsanordnung hervorgegangen, die sich bisher bewährt hat.

Versuchsanordnung.

Niederschlagselektrizität. Das Dach der Hütte (Grundriss: $2,1 \times 2,1$ m, Höhe 2,0 m) wird überragt von vier 1,7 m langen Stangen, die einen oben offenen Drahtnetzkäfig tragen; dieser hat die Bestimmung, die in der Mitte des Daches angebrachte, mit Zinkblech einge-

1) Aus den Sitzungsberichten der mathematisch-physikalischen Klasse der Kgl. Bayer. Akademie der Wissenschaften Bd. 33, 1903, Heft 2.

1) Terr. Magn. 4, 15ff., 1899.

fasste kreisrunde Öffnung (Durchmesser 55 cm) der Auffangvorrichtung nach Möglichkeit dem elektrischen Erdfelde zu entziehen, damit nicht Tropfen, die von dem Rande der Öffnung abspritzen, merkliche Ladungen auf die im Innern der Hütte stehende Auffangschale bringen. Die Öffnung wird mit einem Deckel verschlossen, sobald die Beobachtungen beendigt sind — eine Vorsichtsmassregel, die sich besonders im Sommer als notwendig herausgestellt hat, da bei unverschlossener Öffnung sehr bald durch Spinnengewebe die Isolation der Auffangschale zerstört zu werden pflegt. Zwischen der Auffangschale und der Öffnung im Dache ist 35 cm unterhalb dieser eine aus konisch gedrücktem Kupferblech hergestellte Blende von 200 cm^2 Querschnitt eingesetzt; die Anordnung ist so getroffen, dass noch Niederschläge von 30^0 Einfallswinkel durch die Blende fallen können, ohne den Rand der oberen Öffnung und das Drahtnetz des Schutzkäfigs gestreift zu haben. Unterhalb der Blende befindet sich in einem an der Decke der Hütte lichtdicht befestigten Kasten die Auffangschale aus Zinkblech, die auf einem den Boden des Kastens in enger Bohrung frei durchsetzenden Metallfuss ruht; im Innern der Hütte endigt dieser in einem sorgfältig mit Natrium getrockneten und vor Staub geschützten Bernsteinisolator. Die Auffangschale ist mit einem hinreichend hohen Rande versehen, der es verhindert, dass die beim Aufprall zerspritzenden Tropfen die Schale verlassen. Von dem Metallfuss der Auffangschale führt in lockeren Windungen ein feiner Draht zu einem zweiten ebenfalls mit Natriumtrocknung versehenen Bernsteinisolator und von diesem zu der Nadel eines Quadrantenelektrometers nach Elster und Geitel, dessen Quadrantenpaare auf entgegengesetzt gleichen Potentialen gehalten werden; die Nadel ist durch einen fünf verschiedene grosse Widerstände enthaltenden Rheostaten zur Erde abgeleitet. Der Rheostat besteht aus Hartgummistäbchen, die mit Graphit eingerieben sind und von Bernsteinsäulen getragen werden; die Widerstände sind in einem mit Natriumtrocknung versehenen Zinkblechkasten untergebracht, in dessen Deckel eine Anzahl Öffnungen zur Vornahme beliebiger Schaltungen mittels geeigneter Kontaktstifte vorgesehen sind.

Es lassen sich so Widerstände von der gewünschten Grössenordnung (etwa 10^{12} Ohm) mit geringer Mühe herstellen, die sich, solange es nicht auf Präzisionsmessungen ankommt, sehr gut bewähren; die Graphitwiderstände werden mit der Zeit sehr langsam grösser und müssen daher hin und wieder neu geeicht werden, ihr Temperaturkoeffizient kann für die vorliegende Untersuchung ausser acht gelassen werden.

Niederschlagsmenge. Der Bernsteinisolator, der die Auffangschale trägt, ruht unten auf der Schale einer kleinen Dezimal-Wirtschaftswage auf, von deren längerem Arme aus ein Zugdraht über zwei Winkelhebel zu einem um eine vertikale Achse drehbaren Spiegel führt; der Zugdraht greift seitlich von der Drehungsachse des Spiegels an und wird durch eine kleine Wurmfeder gespannt gehalten. Die kleinere, sonst zur Aufnahme der Gewichte bestimmte Wagschale ist zu einer starken Flüssigkeitsdämpfung umgeändert — sie trägt unten eine fast den ganzen Querschnitt eines mit Paraffinöl gefüllten Becherglases einnehmende Metallscheibe — wodurch eine aperiodische Dämpfung der Federwage bewirkt wird. Die maximale Senkung der Auffangschale infolge Belastung mit Niederschlägen beträgt etwa 0,5 mm, was durch Vermittlung des Zugdrahtes einer Drehung des Spiegels um $3,5^0$ entspricht.

Potentialgefälle. Durch die östliche Wand der Hütte ist innerhalb eines langen Zinkblechrohres horizontal ein Bambusstab ins Freie geführt, der an seinem äusseren Ende eine in ein dünnwandiges Glasröhrchen eingeschmolzene Quantität Radiumbromid (1 mgr) trägt und sich im Innern der Hütte auf drei mit Natriumtrocknung versehene Bernsteinisolatoren stützt. Von der Radiumelektrode führt an dem Bambusstab entlang ein Draht ins Innere der Hütte zu der Nadel eines sehr unempfindlichen Quadrantenelektrometers, das besonders für diesen Zweck erbaut wurde. Die Nadel ist durch ein entsprechendes Gewicht so beschwert, dass sie selbst bei Potentialen von 5000 Volt nicht merklich aus ihrer zentrischen Lage zu den Quadrantenpaaren herausweicht, und ist ausserdem mit einem Magnetstäbchen versehen, das sich in dem Felde eines aussen am Elektrometergehäuse verschiebbaren starken Hufeisenmagneten befindet. Die Schwingungen der Nadel sind durch Paraffinöldämpfung nahezu aperiodisch gemacht.

Ein kleiner Spiegel, der unterhalb des Spiegels der registrierenden Wage auf einem festen Stativ angeordnet ist, zieht auf dem photographischen Papier eine Basislinie.

Photographische Registrierung. Gegenüber den letztgenannten Spiegeln und den beiden Elektrometern ist der photographische Registrierapparat[1]) nebst der Beleuchtungsvorrichtung aufgestellt. Drei kleine elektrische Glühlampen von je 12 Volt Betriebsspannung sind in lichtdichten Laternen eingeschlossen und werfen ihr Licht durch je eine Beleuchtungslinse auf drei vertikale Spalte und durch diese hindurch auf die Spiegel der re-

1) Derselbe wurde nach den Angaben des Verfassers von der Firma Voigt & Hochgesang (Inhaber Herr Richard Brunnée) in Göttingen erbaut.

gistrierenden Instrumente; vor jedem dieser Spiegel ist im Abstande ihrer Brennweite von dem betreffenden Spalt eine Linse befestigt, die unter Zwischenschaltung geeigneter Blenden ein Bild des Spaltes im Innern des Registrierapparates entwirft. Dieser besteht im wesentlichen aus drei in einem lichtdichten Holzkasten untergebrachten Walzen mit horizontalen Achsen; das photographische Papier [1]) von 13 cm Breite und 800 cm Länge bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von etwa 0,1 mm/sec. unter einer 12 cm langen Cylinderlinse [2]) von 3 cm Brennweite hinweg, welche die Spaltbilder zu intensiv beleuchteten Lichtpünktchen auf dem Papier verdichtet. Die Papiergeschwindigkeit kann durch Wahl einer passend grossen Luftflügelbremse, die das gleichmässige Ablaufen des Papiers gewährleistet, beliebig verändert werden.

Zu jeder vollen Minute wird einer der drei Spalte durch eine kleine Weckeruhr abgeblendet (auf etwa 2 Sek.), die an ihrem verlängerten Sekundenzeiger einen kleinen, gut ausbalanzierten Papierflügel an dem Spalte vorüberführt.

Batterie. Zum Laden der Elektrometerquadranten und zu Eichungszwecken dient eine Batterie von 100 Bornhäuserschen Flaschen-Akkumulatoren, die zu je 20 in paraffinierten Holzkästen wohl isoliert untergebracht und zur Erleichterung des Arbeitens von 5 zu 5 Elementen mit Kontaktstiften verbunden sind, so dass sich mittels geeigneter Steckkontakte schnell alle erforderlichen Schaltungen vornehmen lassen.

Beobachtungsmethode und Eichung.

Zur Beobachtung der Niederschlagselektrizität fingen Elster und Geitel die Niederschläge auf einer isolierten Schale auf, verschlossen dann durch einen Deckel die Öffnung des Auffangapparates und beobachteten am Elektrometer das Potential, bis zu welchem sich das aus Elektrometer und Schale bestehende System aufgeladen hatte. Das Produkt aus Kapazität des Systems und Potential ergab nach Berücksichtigung des Isolationsverlustes unmittelbar die während der Dauer der Beobachtung dem System von aussen zugeführte Elektrizitätsmenge. Diese Methode ist zweifellos die sicherste und, solange nicht die Niederschlagselektrizität durch erhebliche Vergrösserung der Apparatdimensionen oder Erhöhung der bisher erreichten Galvanometerempfindlichkeit galvanometrisch gemessen werden kann, die bei weitem einfachste. Die automatische Durchführung dieser Methode würde sich jedoch recht schwierig gestalten und die Wahrscheinlichkeit des Versagens der ganzen Anordnung nur noch erhöht werden; auch ist die Methode der diskontinuierlichen Entladung des Systems für die photographische Registrierung ziemlich ungeeignet, da durch das Abbrechen der Kurven bei der schnell veränderlichen Natur der zu registrierenden Erscheinungen die Übersicht sehr erschwert wird. Es erwies sich als vorteilhaft, die Auffangschale dauernd durch einen grossen Widerstand abzuleiten und mittels des Elektrometers das Potential zu registrieren, bis zu welchem die Schale durch die Niederschläge aufgeladen wird. Dass die Auffangschale durch ihre Aufstellung im Innern der Hütte unterhalb der Blende und der durch den Drahtkäfig geschützten oberen Öffnung dem elektrischen Felde der Atmosphäre hinreichend entzogen ist, wurde durch besondere Versuche geprüft, ergiebt sich aber ausserdem noch aus einigen Diagrammen von Nahgewittern, bei welchen das Potentialgefälle-Elektrometer gewaltige Feldänderungen registrierte, während die Kurve des Niederschlags-Elektrometers, solange keine Niederschläge fallen, auch keine merkliche Ausbiegung aufweist. Die Empfindlichkeit des Auffangapparates konnte innerhalb weiter Grenzen variiert werden durch Wahl eines der fünf vorhandenen grossen Widerstände und der Quadrantenspannung des Elektrometers. Aus der registrierten Kurve lässt sich leicht die zu jeder Zeit der Auffangschale zufliessende Stromstärke ermitteln, denn es gilt

$$d\varepsilon = C \cdot dV + \Omega \cdot V \cdot dt,$$

worin $d\varepsilon$ die in der Zeit dt zuströmende Elektrizitätsmenge, C die Kapazität, V das Potential des Systems und Ω den ableitenden Widerstand bezeichnet. Die Kapazität des Systems ist durch Vergleichung mit einer Normalkapazität zu 84,2 cm ermittelt worden; die Eichung der Widerstände geschieht in einfachster Weise dadurch, dass man das System auf ein bekanntes Potential ladet und (zweckmässig bei vergrösserter Registriergeschwindigkeit) die Entladungskurve des betreffenden Widerstandes registriert, deren Ausmessung in bekannter Weise den Widerstand ergiebt. Zum Beispiel ist der am meisten benutzte Widerstand zu $8{,}5 \cdot 10^{11}$ Ohm gemessen worden.

Ähnlich wurde von Zeit zu Zeit die Empfindlichkeit des zur Registrierung des Potentialgefälles dienenden Elektrometers durch Anlegen bekannter Potentiale an die Nadel, ferner die Isolation nach Entfernung der Radiumelektrode aus der Entladungskurve und endlich die Ladezeit der Elektrode bestimmt. Letztere ist imstande, das aus Bambusstab, Leitung und Elektrometer gebildete System innerhalb von etwa 10 Sekunden bis auf 50 Proz. des Endwertes

1) Höchst empfindliches Bromsilberpapier von Dr. Stolze & Co., Westend.

2) Bezogen von Reinfelder & Hertel, München.

aufzuladen; eine Abnahme in der Wirksamkeit der Elektrode konnte bisher nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Die Reduktion des an der Elektrode gemessenen Potentials auf das über der Ebene herrschende Potentialgefälle ergab, dass 1 Volt an der Elektrode 4,1 Volt pro Meter entspricht. Für die zu erwartenden Sommergewitter soll dieses Verhältnis durch Verkürzung des Bambusstabes noch ein wenig verändert werden, so dass dann etwa 20 Volt/-Meter einem Potential von 1 Volt an der Elektrode entsprechen werden. Während der Reduktionsmessungen wird das empfindlichere, sonst zur Messung der Niederschlagselektrizität benutzte Elektrometer mit der Elektrode verbunden.

Die registrierende Wage ist so reguliert, dass 20 gr Belastung (also bei 200 cm^2 Blendenquerschnitt 1 mm Niederschlag) einen Ausschlag von etwa 60 mm auf dem photographischen Papier erzeugen. Es würde in manchen Fällen eine höhere Empfindlichkeit erwünscht sein, doch werden bei gesteigerter Empfindlichkeit die Störungen durch Windstösse, bei denen jetzt schon der Lichtpunkt oft um mehrere Millimeter hin und her bewegt wird, allzu gross. Ist während der Niederschläge der Lichtpunkt am Ende der Cylinderlinse angelangt, so wird er durch Abheben eines Gewichts, von denen stets mehrere auf der Wagschale in Bereitschaft liegen, wieder über die Cylinderlinse hinweggeführt. Die Reibung der Schneiden entspricht einem Ausschlag von etwa 1,5 mm auf dem Papier; die Eichung der Wage geschieht durch Auflegen von bekannten Gewichten. Die gesamte Niederschlagsmenge wird zur Kontrolle regelmässig auch an dem auf der meteorologischen Wiese des Instituts aufgestellten Regenmesser bestimmt.

Neben der photographischen Registrierung des Potentialgefalles während des Falles von Niederschlägen ist eine mechanische Registrierung mittels eines Benndorfschen Elektrometers dauernd in Thätigkeit, aus dessen von 10 zu 10 Minuten erfolgenden Aufzeichnungen der Verlauf des Potentialgefälles in der von Niederschlägen freien Zeit sehr übersichtlich entnommen werden kann.

Messungen der Wolkenhöhe mittels photographischer Stereoskopaufnahmen und einige weitere luftelektrische Messungen sind in Vorbereitung.

Resultate. Bei der Beurteilung der Resultate, die mit der beschriebenen Versuchsanordnung zu erhalten sind, wird man beachten müssen, dass die atmosphärischen Niederschläge nach ihrem Ursprung und Verlauf zu den zeitlich und räumlich veränderlichsten Naturerscheinungen gehören, die wir kennen. Die Erforschung der elektrischen Erscheinungen, die mit dem Auftreten von Niederschlägen in der Atmosphäre verbunden sind, muss daher so lange eine unvollkommene und unbefriedigende bleiben, als der Beobachter gezwungen ist, an einer gegebenen Stelle der Erdoberfläche die zu untersuchenden Phänomene über sich hinwegziehen zu lassen, anstatt sie an Ort und Stelle aufzusuchen. Vorerst lässt sich nur erwarten, dass man aus vielen mit der beschriebenen Versuchsanordnung angestellten Beobachtungen vielleicht einige Erfahrungen allgemeinerer Art wird ableiten können, die geeignet sind, als Ausgangspunkte für eine vollkommenere Untersuchungsmethode zu dienen.

Es lässt sich in der That schon jetzt eine Reihe von Merkmalen angeben, die den verschiedenen Arten von Niederschlägen eigentümlich zu sein scheinen.

In vollem Umfange bestätigten sich die von Elster und Geitel in ihrer Arbeit „Beobachtungen über die Eigenelektrizität der atmosphärischen Niederschläge" veröffentlichten Resultate. Man kann im allgemeinen bezüglich ihrer elektrischen Eigenschaften drei Gruppen von Niederschlägen unterscheiden — von Dunst, Nebel, Tau, Rauhreif u. dergl. wird hier abgesehen, — für welche die Schlagworte „Landregen", „Böenregen" und „Gewitterregen" gebraucht werden mögen. Dabei sollen unter „Landregen" auch schwache, lange andauernde Schneefälle, unter „Böenregen" auch Graupel- und Hagelböen und unter „Gewitterregen" alle mit sinnlich wahrnehmbaren Entladungen verbundenen Niederschläge verstanden sein. Durch diese Einteilung wird schon eines der auch von Elster und Geitel gefundenen Resultate vorweggenommen, nämlich die Thatsache, dass sich ein wesentlicher Unterschied in dem elektrischen Verhalten von Niederschlägen, die in Form von Regen, Schnee, Hagel oder Graupeln fallen, innerhalb jeder der drei genannten Gruppen nicht angeben lässt.

Der Landregen ist meist von negativem Potentialgefälle begleitet, das während des Falles von Niederschlägen bis auf etwa 1000—2000 Volt/-Meter anwachsen kann; charakteristisch ist das seltene Vorkommen starker positiver Felder. Das Vorzeichen der Niederschlagselektrizität wechselt, doch überwiegt im allgemeinen die negative Ladung; die bei Landregen der Erdoberfläche zufliessenden Stromstärken gehen bis etwa 10^{-14} Amp./cm^2 herauf, sind jedoch meistens bedeutend geringer, zeitweise scheint merklich unelektrischer Regen vorkommen zu können.

Der Böenregen ist charakterisiert durch periodisch wechselnde Feldrichtungen; die Feldstärke zeigt oft Schwankungen kürzerer Periode, die sich den Änderungen von längerer Dauer und grösserem Betrage superponieren. Nicht selten werden bei Böen, namentlich kurz vor

dem Falle grosser Tropfen oder Graupel- und Hagelkörner Feldstärken von 4000—6000 Volt/Meter erreicht, die oft innerhalb einiger Sekunden das Vorzeichen wechseln. Bei der überwiegenden Anzahl aller bisher registrierten Böen wurde beim Heranziehen der Front starkes positives Potentialgefälle beobachtet; die Beantwortung der Frage, ob hierin eine gesetzmässige Beziehung liegt, bezw. wodurch diejenigen seltener auftretenden Böen mit anfänglich negativem Potentialgefälle von denjenigen mit positivem ihrer meteorologischen Natur nach unterschieden sind, muss vorerst bis nach Ansammlung eines reichhaltigeren Beobachtungsmaterials verschoben werden. Die Niederschlagselektrizität wechselt in ähnlich periodischer Weise ihr Vorzeichen wie das Potentialgefälle, die Stromdichte ist bei Böen etwa von der Grössenordnung 10^{-13} Amp./cm^2. Häufig wurden Böen mit anfänglich positiver Niederschlagsladung beobachtet, doch überwiegt ihre Zahl diejenige der anfänglich negative Ladungen zur Erde fördernden nicht so sehr, wie die Anzahl der Böen mit anfänglich positivem Potentialgefälle diejenige der Böen mit negativem Potentialgefälle überwiegt. Es kommen Böen vor, während deren Verlauf das Vorzeichen des Feldes fast regelmässig das entgegengesetzte ist, als das der Niederschlagsladungen, in den weitaus meisten Fällen ist aber ein Wechsel in dem Vorzeichen des Feldes nicht mit einem Vorzeichenwechsel bei der Niederschlagselektrität verbunden. Häufig ist beim Abziehen einer Böe das Vorzeichen des Feldes dem der zuletzt gefallenen Niederschlagselektrizität entgegengesetzt, doch sind auch schon eine Reihe von Böen beobachtet, bei denen Niederschlagselektrizität und Potentialgefälle zum Schlusse gleiches Vorzeichen hatten. Auch bei den Böenregen überwiegt im allgemeinen die zur Erde geförderte negative Ladung die positive.

Die Gewitterregen sind vor allem quantitativ von den Böenregen dadurch unterschieden, dass bei ihnen Felder von 10000 Volt/Meter nicht zu den Seltenheiten gehören und die durch die Niederschläge der Erde zugeführten Ströme oft 10^{-12} Amp./cm^2 übersteigen. Das Ansteigen des Feldes zu einem Maximalwert geschieht hier innerhalb weniger Sekunden, erfolgt dann eine Entladung, so ist oft in kurzer Zeit schon wieder der gleiche Wert des Feldes erreicht oder überschritten oder es erfolgt schnell ein Vorzeichenwechsel und rapides Anwachsen des Feldes im entgegengesetzten Sinne. Solange noch Entladungen stattfinden, kann man häufig beobachten, dass die Niederschlagselektrizität nicht wesentlich die bei Böenregen vorkommenden Werte überschreitet, erst wenn das Gewitter schon abzuziehen beginnt, nimmt dann meist sehr schnell die Niederschlagselektrizität grosse Werte an. In dem vorhergehenden Stadium scheinen kurz aufeinander Niederschläge von verschiedenen Vorzeichen zu folgen, die vielleicht sehr grosse Eigenladungen mitführen; leider aber folgen diese Vorzeichenwechsel so schnell aufeinander, dass es grosse Schwierigkeiten bieten dürfte, sie getreu ihrem wahren Verlaufe zu registrieren. Etwas Ähnliches gilt auch von der Registrierung des Potentialgefälles bei Gewittern, besonders bei heftigen Nahgewittern, wo oft die einzelnen Entladungen so schnell aufeinander folgen, dass die Elektrode nicht imstande ist, das angehängte System von thunlichst kleiner Kapazität auch nur angenähert auf das im Momente der Entladung erreichte Potential aufzuladen. Vielfach wurde bei Gewittern das merkwürdige Phänomen beobachtet, dass Niederschläge, deren Ladung das entgegengesetzte Vorzeichen hatte als das momentan bestehende Feld, beim Anwachsen des Feldes schwächer und schwächer niedergingen, um dann im Momente der Entladung oder gar des Umschlagens der Feldrichtung in die entgegengesetzte mit grosser Intensität herabzustürzen und dass andererseits Niederschläge von einer Ladung gleichen Vorzeichens beim Anwachsen des Feldes äusserst heftig niedergehen, während sie sofort nach der Entladung oder Feldumkehr fast aussetzen. In der That zeigt eine oberflächliche Schätzung der Tropfen- bezw. Körnergewichte, dass das bestehende Feld bei der vorhandenen Eigenladung der Niederschläge sehr wohl imstande gewesen sein muss, diese merklich in ihrem Fall zu verzögern bezw. zu beschleunigen. Bei einzelnen Gewittern überwog die insgesamt der Erde zugeführte negative Ladung nur wenig die positive, bei den übrigen bisher beobachteten Gewittern war deutlich ein Überschuss an negativer Ladung zu konstatieren.

Die Registrierung der Niederschlagsmenge im Zusammenhange mit den elektrischen Erscheinungen bei Niederschlägen hat es möglich gemacht, unter Schätzung der Wolkenhöhe eine angenäherte Berechnung der bei den betreffenden Niederschlägen in andere Energieformen umgesetzten potentiellen Gravitationsenergie vorzunehmen. Bei allen bisher nach dieser Richtung hin untersuchten Niederschlägen hat sich herausgestellt, dass selbst bei sehr ungünstigen Annahmen über die Fallhöhe und die Konfiguration des Feldes die Gravitationsenergie die bei weitem ausreichende Energiequelle für die Erzeugung der zeitweise vorhandenen elektrischen Energie ist. Bei Landregen scheint im allgemeinen der kleinste Bruchteil der Gravitationsenergie in elektrische umgesetzt zu werden, bei Böenregen ein grösserer und bei Gewitterregen der grösste Bruchteil. Vorbehaltlich einer späteren Bestätigung durch Verarbei-

tung weiteren Beobachtungsmaterials mag endlich konstatiert werden, dass die von C. T. R. Wilson gefundene Thatsache, dass die negativen Ionen vorzugsweise, d. h. schon bei geringerer Übersättigung dem Wasserdampf als Kondensationskerne dienen können, qualitativ wie quantitativ — soweit hier Schätzungen der räumlichen Ausdehnung der in Betracht kommenden Wolkengebilde einen Schluss zulassen — zur Erklärung der bei Niederschlägen auftretenden elektrischen Erscheinungen auszureichen scheint.

Göttingen, Geophysikalisches Institut.

(Eingegangen 31. Oktober 1903.)

Über die Entladung in Gasgemischen.

Von Karl Przibram.

I.

Zu den im folgenden besprochenen Versuchen wurde ich durch die Untersuchung der Spitzenentladung in verschiedenen Gasen geführt. Der Apparat bestand aus einem dünnen Platindraht, dessen Abstand von einer kreisförmigen Aluminiumscheibe beliebig geändert werden konnte. Das Ganze war in ein Glasgefäss eingeschlossen, das mit dem zu untersuchenden Gase gefüllt wurde. Als Elektrizitätsquelle diente eine Wimshurstmaschine und die Potentialdifferenz wurde mit einem Braunschen Elektrometer gemessen. Es ergab sich in Übereinstimmung mit den Resultaten von Warburg[1]), Precht[2]) u. a., dass die Potentialdifferenz der Spitzenentladung grösser ist, wenn die Spitze positiv ist, als wenn sie negativ ist. Dies gilt für Luft, CO_2 und H_2. In CO_2 ist für positive Spitzen die Potentialdifferenz bedeutend grösser, als cet. par. in Luft, z. B. 5200 Volt in CO_2 und 4400 Volt in Luft für eine Elektrodendistanz von 5 mm. Für die negative Spitzenentladung ergab sich eine etwas kleinere[3]) Potentialdifferenz als in Luft: 3500 in CO_2, 3700 in Luft.

War der Apparat mit CO_2 gefüllt und das Gas dann wieder durch Luft verdrängt worden, dann gab bei positiver Spitzenentladung das Elektrometer ganz andere Ausschläge als früher, und zwar waren die dann erhaltenen Werte stets kleiner. Diese Abweichungen rührten, wie sich herausstellte, von zurückgebliebenen Spuren von CO_2 her. Da man erwarten sollte, dass Beimengungen von CO_2 die Potentialdifferenz eher vergrössern würden, weil doch die Potentialdifferenz in reinem CO_2 grösser ist als die in reiner Luft, so wurde die Spitzenentladung in einem Gemisch von Luft und CO_2 in wechselnden Mischungsverhältnissen näher untersucht.

Das hierzu benützte Entladungsgefäss enthielt einen bis auf wenige mm in ein Glasrohr eingeschmolzenen Platindraht von 0,09 mm Durchmesser, der in einen Platincylinder von 54 mm Höhe und 15 mm Durchmesser hineinragte. Der Cylinder war mit einem schmalen Ausschnitt versehen, um die Lichterscheinung an der Spitze beobachten zu können.

Enthielt das Gefäss Luft (über $CaCl_2$ getrocknet und durch Baumwollpfropfen von Staub befreit) und war die Spitze positiv, so zeigte sich an ihr nur ein schwacher Lichtpunkt. Wurde aber jetzt eine kleine Menge CO_2 eingelassen, so dehnte sich der Lichtpunkt in ein dünnes, ruhiges Büschel aus, welches ohne Verzweigungen in einer kontinuierlichen Kurve zur Wand des umgebenden Cylinders reichte. Zugleich zeigte das Elektrometer eine beträchtliche Abnahme der Potentialdifferenz an. Zunächst wurde die Abhängigkeit dieser Erscheinung von der Menge des eingelassenen CO_2 untersucht. Eine gemessene Menge Luft wurde aus dem Gefässe herausgepumpt und dann CO_2 eingelassen, bis der ursprüngliche Druck wieder hergestellt war. So wurde eine Beobachtungsreihe von reiner Luft bis reinem CO_2 erhalten und auch eine in umgekehrter Richtung mit CO_2 beginnend.

Die beiläufige Übereinstimmung der Potentialdifferenzen in Gemischen gleicher Zusammensetzung, die auf diesen zwei verschiedenen Wegen erhalten wurden, zeigte, dass die Gase wirklich homogen gemischt waren. Dazu musste allerdings immer eine Weile gewartet werden.

Entfernung des CO_2 aus der atmosphärischen Luft durch Kalilauge hatte keinen merklichen Effekt; diese geringe Menge ist also noch nicht wirksam. Doch schon eine Menge, die etwa einem Druck von 1 mm entspricht, genügte, um das lange Büschel hervorzurufen, wobei die Potentialdifferenz von 4500 Volt auf 4200 Volt sank. Wird mehr CO_2 eingelassen, so zieht sich das Büschel wieder zusammen bis in reinem CO_2 wieder nur ein kleiner Stern an der Spitze sichtbar ist. Die Potentialdifferenz steigt rasch, bis sie für etwa 20 mm CO_2 denselben Wert wie für reine Luft hat, dann steigt sie angenähert proportional mit dem CO_2-Gehalt, bis sie für reines CO_2 den Wert 5500 Volt erreicht. Es scheint also, dass ein Gas, in welchem die positive Spitzenentladung eine höhere Potentialdifferenz erfordert als in Luft, die Potentialdifferenz in Luft herabsetzen kann, wenn es in kleinen Mengen eingeführt wird, dass also

1) Ann. d. Phys. **2**, 295, 1900.

2) Wied. Ann. **49**, 150, 1893.

3) Precht (loc. cit.) fand für die negative Spitzenentladung in CO_2 eine etwas grössere Potentialdifferenz als in Luft.

die elektrische Festigkeit — wenn dieser Ausdruck auf die Spitzenentladung ebenso Anwendung finden kann, wie auf die Funkenentladung — im Gemisch kleiner ist als in den beiden Komponenten.

Herabsetzung des Luftdruckes schwächt die Wirkung ab. Das lange Büschel verschwindet und die Kurve, welche die Abhängigkeit von Potentialdifferenz und Zusammensetzung giebt, nähert sich einer Geraden und bald ist kein Minimum mehr zu sehen.

Auch wenn die Spitze negativ ist, zeigt das Gemisch von Luft und CO_2 ein merkwürdiges Verhalten.

In diesem Fall bewirkt eine Beimengung von etwas CO_2 ein Ansteigen der Potentialdifferenz von 3700 Volt auf 4400 Volt. Für das Intervall von 100 bis 600 mm CO_2 scheint die Potentialdifferenz nahezu unabhängig von der Zusammensetzung des Gemisches und fällt dann auf 3600 Volt in reinem CO_2.[1]) Eine Änderung in der Lichterscheinung ist in diesem Fall nicht zu beobachten; sie bleibt auf einen etwas helleren Stern an der Spitze beschränkt.

Nach Feststellung dieser Thatsachen für CO_2 wurde eine Reihe anderer Gase untersucht und in den meisten Fällen dasselbe Resultat gefunden. Das Sinken der Potentialdifferenz der positiven Spitzenentladung und das Auftreten des langen Büschels wurde beobachtet in Mischungen von CO_2, Cl_2, CO, NH_3, H_2S mit Luft und von CO_2 mit H_2.

Alle diese Gase gaben ungefähr denselben Potentialabfall von 200 bis 300 Volt. Der Effekt konnte nicht erhalten werden in Mischungen von N_2 mit H_2 und von Cl_2 mit CO_2.

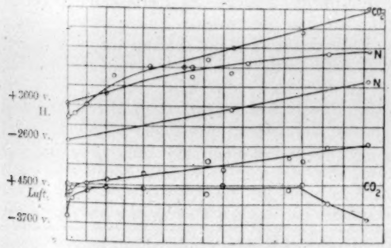

Fig. 2.

Fig. 1.

Fig. 1 u. 2.

Die Figuren 1 und 2 zeigen die Kurven, welche die Abhängigkeit der Potentialdifferenz vom Partialdruck der Beimischung in cm Hg geben: Fig. 1 für ein Gemisch von Luft und CO_2, Fig. 2 für ein Gemisch von Wasserstoff und Stickstoff, und Wasserstoff und CO_2.

In allen diesen Fällen war das Büschel zu lichtschwach, um spektroskopisch untersucht zu werden. Doch zeigte es für Beimengungen von CO_2 eine deutlich grüne Färbung, während es sonst mehr violett war.

Auch eine Anzahl organischer Dämpfe wurde untersucht. Luft, die mit dem betreffenden Dampfe gesättigt war, wurde in wechselnden Mengen in das Entladungsgefäss geblasen. Die Bildung eines langen positiven Büschels wurde beobachtet beim Einlassen der Dämpfe von CS_2, Äthyläther, Äthylalkohol, Benzol, Aceton; keine, oder nur eine sehr geringe Wirkung hatten Chloroform und Methyljodid. Berücksichtigt man die Dampfspannung der Flüssigkeiten, so sind am wirksamsten Alkohol, Benzol und Aceton; CS_2 und Äther müssen schon in grösseren Mengen eingeführt werden.

Die Wirkungen zweier verschiedener Beimengungen zu einem dritten Gase sind nicht unabhängig voneinander. Erzeugt man z. B. ein langes Büschel in Luft durch Einführung von etwas CO_2, so wird dieses Büschel wieder zum Verschwinden gebracht, wenn man so viel Cl_2 einführt, als bei Abwesenheit von CO_2 ein Büschel erzeugen würde. Hinzufügen von etwas Cl_2 hat also dieselbe Wirkung wie weiteres Einlassen von CO_2. So ist es auch nicht möglich, durch Einführung eines dritten Gases die Potentialdifferenz noch mehr herabzusetzen.

Wurde als Kathode eine kleine Platinscheibe gewählt, während die Spitze dadurch verschiebbar gemacht wurde, dass die sie tragende Glasröhre durch ein über das enge Ende des Entladungsgefässes gestülptes Stück Kautschukschlauch geführt wurde, so konnte ein gut ausgebildetes Büschel schon erhalten werden, wenn der zum Kippschen CO_2-Apparat führende Hahn einmal rasch umgedreht wurde. Die Elektroden konnten bis auf 20 mm Entfernung auseinandergezogen werden, ohne dass das Büschel verschwand, während in reiner Luft zur Erzielung eines Büschels die Elektroden bis auf 2 mm genähert werden mussten, und dann ging die Entladung schon leicht in einen Funkenstrom über. So genügt also eine ganz kleine Menge CO_2, um ein zehnmal längeres Büschel zu erzeugen als in reiner Luft. Durchziehen frischer Luft bringt das Büschel sofort wieder zum Verschwinden.

Ist das Büschel gut entwickelt, so sieht man, dass es von einem hellen Lichtpunkt an der Spitze ausgeht und, sich etwas verbreiternd und und an Lichtintensität verlierend, in gerader Linie zur Kathode übergeht, wo die Lichtentwickelung wieder etwas stärker ist. In der Art und Weise, wie dieses Büschel in gerader

1) Warburg fand eine bedeutende Erhöhung der Potentialdifferenz der negativen Spitzenentladung im Stickstoff durch Spuren von Sauerstoff. Doch ist die Potentialdifferenz für reinen Sauerstoff höher als für Stickstoff, während sie in CO_2 eher kleiner ist als in Luft und doch bewirken kleine Beimengungen von CO_2 ein Anwachsen der Potentialdifferenz der negativen Spitzenentladung in Luft.

Linie zum gegenüberliegenden Punkt der Kathode übergeht, unterscheidet es sich von dem Büschel in reiner Luft, welches durch geringe Luftverdünnung und Zwischenschaltung einer kleinen Funkenstrecke auch in ziemlicher Länge erhalten werden kann. In diesem Falle geht das (viel unruhigere) Büschel in einer Kurve zu irgend einem vorspringenden Punkt des scharfen Kathodenrandes über. Wird eine Spur CO_2 eingeleitet, so springt es sofort zur Mitte der Scheibe über.

Es wäre voreilig, schon jetzt eine Erklärung des Verhaltens dieser Gemische zu wagen. Ich möchte nur darauf hinweisen, dass — da die Potentialdifferenz der Entladung von der Ionisierung und der mittleren freien Weglänge in dem betreffenden Gase abhängt — ein leicht ionisierbares Gas, welches wegen seiner kleineren mittleren Weglänge eine höhere Potentialdifferenz erfordert, die Potentialdifferenz in einem Gase von grösserer Weglänge durch seine leichtere Ionisierbarkeit herabsetzen könnte, wenn es in so kleinen Mengen zugeführt wird, dass die mittlere freie Weglänge nicht merklich geändert wird. Dies könnte die Wirkungen von Beimengungen von CO_2 und anderer Gase auf die positive Büschelentladung in Luft erklären, nicht erklären würde es das abweichende Verhalten der negativen Spitzenentladung.

Es mag noch bemerkt werden, dass unter dem Einflusse des inhomogenen Feldes ein Gas von grösserer Dielektrizitätskonstante, wie z. B. CO_2, gegen die Spitze hinstreben und die Luft von dort verdrängen wird, so dass die Entladung eigentlich in einem Gemisch von grösserem CO_2-Gehalt übergehen dürfte, als gemessen wurde.

II.

Nachdem der Verlauf der in I beschriebenen Erscheinungen in groben Zügen festgestellt war, wurde versucht, die Kurven, die den Zusammenhang von Potentialdifferenz und Mischungsverhältnis geben, namentlich für kleine Beimengungen genauer zu verfolgen. Es zeigte sich jedoch bald, dass die Kurven zwar stets im grossen und ganzen einen ähnlichen Verlauf nehmen, dass aber Lage und Wert des positiven Minimums, sowie des negativen Maximums für verschiedene Spitzen sehr verschieden ausfallen.

Es ergab sich z. B., dass das positive Minimum im allgemeinen erst bei grösseren Beimengungen eintritt als in der früher (Fig. 1) angegebenen Kurve. So zeigt Fig. 3 für eine etwas stumpfere Spitze in 2 mm Entfernung von einer Scheibe den extremsten Fall: das sehr deutliche Minimum (Potentialfall von 700 Volt) erst bei ca. 50 mm CO_2. Jedenfalls liegt aber das Minimum immer nahe am Luftende der Kurve, die viel steiler abfällt, als sie dann wieder ansteigt. Auch die negative Kurve in

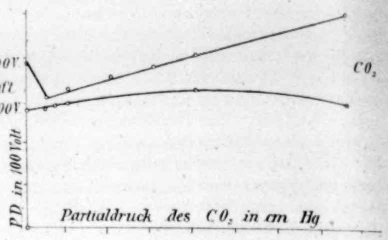

Fig. 3.

Fig. 1 ist eher als ein Ausnahmefall anzusehen, da sie für andere Spitzen im allgemeinen nicht so plötzlich ansteigt. Wie der Verlauf der Kurve von der Dicke und Form der Spitze abhängt, konnte nicht sicher festgestellt werden, da Spitzen aus demselben Draht und gleich zubereitet, oft verschiedene Werte gaben, Unregelmässigkeiten, wie sie beim Arbeiten mit so schlecht definierten Gebilden wie Spitzen wohl unvermeidlich sind. Zu bemerken ist nur, dass bei Anwendung allerfeinster Spitzen (Platindraht von 0,025 mm Durchmesser in der Flamme ausgezogen) kein Büschel und auch nicht der entsprechende Potentialfall beobachtet werden konnte.

Nach Abschluss der oben geschilderten Untersuchung gelangte mir eine Arbeit Herrn Boutys[1]) zur Kenntnis, welche sich auch mit der Entladung in Gasgemischen befasst. Er verwendet eine von ihm früher beschriebene Methode.[2]) Das verdünnte Gas befindet sich in einem elektrodenlosen Glasgefäss zwischen den Platten eines Kondensators, an die allmählich immer höhere Spannungen angelegt werden. Ist eine bestimmte Feldstärke erreicht, so leuchtet das Gas beim Laden und Entladen. Es zeigt sich nun, dass für manche Gemische, z. B. CO und CO_2, CO und H_2 etc., die zum Leuchten nötige Feldstärke dem Mittel aus den Werten für die getrennten Gase entspricht, dagegen bei dem Gemisch H_2 und CO_2 die gefundenen Werte ganz erheblich unter den nach der Mischungsregel berechneten liegen. Das Feld konnte bei diesen Versuchen als homogen betrachtet werden.

Um die Wirkung auch bei Anwendung von Elektroden in einem etwas homogeneren Felde, als bei der Spitzenentladung, zu studieren, liess ich eine Funkenentladung zwischen zwei Aluminiumplatten von 3 cm Durchmesser, deren Ränder mit einer dicken Lage Siegellack bedeckt waren, in einem Gemisch von Luft und CO_2 und von Wasserstoff und CO_2 übergehen, konnte aber im Gegensatz zur positiven Spitzen-

1) Compt. rend. 16. März 1903, p. 669.
2) Compt. rend. 129, 152, 1899.

entladung kein Minimum in der Kurve, welche die Änderung der Potentialdifferenz mit der Zusammensetzung angiebt, auffinden. Es wurden auch Messingkugeln von 13 mm, Aluminiumdrähte von 1,8 mm und Platindrähte von 0,54 mm Durchmesser als Elektroden verwendet in verschiedenen Abständen. Das zur Messung der Potentialdifferenz verwendete Braunsche Elektrometer mit dem Bereich von 10000 Volt zeigte 500 Volt per Teilstrich, wurde aber für kleine Funkenstrecken durch ein solches mit 2000 Volt Bereich und 100 Volt per Teilstrich ersetzt. Ausserdem wurde bisweilen der Funkenstrecke ein Funkenmikrometer parallel geschaltet, das auf 0,05 mm genau abzulesen gestattete. Jedenfalls wäre eine Herabsetzung der Potentialdifferenz um 3 Proz. unter den Wert für Luft noch gut nachweisbar gewesen, konnte aber in keinem Fall beobachtet werden. Meine Beobachtungen an der positiven Spitzenentladung ergaben Erniedrigungen bis über 10 Proz. Wenn eine Erniedrigung bei der Funkenentladung eintritt, so ist sie also jedenfalls verschwindend klein, und kann höchstens für sehr geringe Beimengungen von CO_2 eintreten, da die Kurve sehr bald merklich ansteigt. Es ist nicht uninteressant, diese Kurven (Fig. 4) für verschiedene Funkenlängen zu verfolgen.

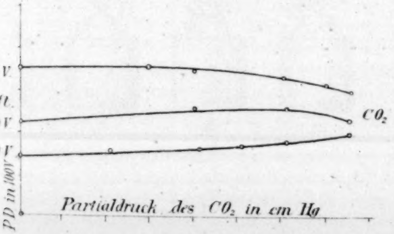

Fig. 4.

Für kurze Funken steigen sie, analog den Boutyschen Ergebnissen, konvex gegen die Abszissenachse an bis zu dem Wert für reines CO_2, der höher liegt als der für Luft. Für längere Funken dagegen sind sie konkav gegen die Abszissenachse, steigen erst an, erreichen ein Maximum und fallen für CO_2 auf einen Punkt, der niederer liegt als der für Luft, entsprechend der bekannten Thatsache, dass die elektrische Festigkeit von CO_2 für kurze Funken grösser, für lange Funken kleiner ist als die der Luft.[1]) Ein ähnliches Resultat scheint Olearski[2]) erhalten zu haben. Er fand, dass die elektrische Festigkeit eines Gemisches von 70 Proz. H_2 und 30 Proz. N_2 sich nicht nach der Formel $\frac{H N}{0 \cdot 7 N + 0 \cdot 3 H}$ berechnen liess, sondern grösser war.

Die geschilderten Versuche wurden im Cavendish Laboratory, Cambridge, angestellt, und ich benütze diese Gelegenheit, um Herrn Professor J. J. Thomson für sein überaus freundliches Entgegenkommen meinen wärmsten Dank auszusprechen.

(Eingegangen 29. Oktober 1903.)

1) J. J. Thomson, Recent Researches in Electr. and Mag. § 69, p. 91, 1893.
2) Proc. Phil. Soc. Camb. 5, 325, 1886.

Zwei Beobachtungen eigenartiger Bewegungserscheinungen am freien Kohlelichtbogen.

Von W. Biegon von Czudnochowski.

Der Lichtbogen zwischen Kohleelektroden in freier Luft ist seiner Natur nach von vornherein sehr dazu angethan, von äusseren Kräften stark beeinflusst zu werden; infolge seiner Leichtbeweglichkeit wird er nicht nur mechanischen Einwirkungen, wie Luftströmungen, sondern auch als Stromleiter besonders denjenigen aller der Kräfte, welche für einen solchen in Betracht kommen, unterliegen. Dies ist zuerst ausgesprochen von Arago (1820), unabhängig davon durch Versuche festgestellt von Davy (1821).

In der Hauptsache handelt es sich hierbei um die Wirkung magnetischer Felder, welche eine Gestaltsänderung des Bogens hervorbringen; dies ist weiterhin untersucht von Casselmann (1844), De la Rive (1846), Quet (1852), Plücker (1858), Houston (1872), Ayrton (1878), Fleming (1894) u. a.

Aus dieser Gestaltsänderung, welche sich als eine Ablenkung der Strombahn im Gasraume aus ihrer anfänglichen — geraden — Richtung darstellt, können sich nun je nach Form und Lage des wirkenden Feldes gegen den Bogen Bewegungen ergeben, und zwar entweder eine Rotation, wenn sich dadurch, dass der Bogen der ablenkenden Kraft folgt, für ihn die Verhältnisse nicht ändern, oder Oszillationen, wenn sich entweder für ihn, wenn er der Einwirkung folgt, die Verhältnisse umkehren, oder aber wenn diese schon an sich einem periodischen Wechsel unterliegen, z. B. dadurch, dass entweder der Bogen oder das ihn beeinflussende Feld durch Wechselstrom erzeugt wird.

Die Rotation ist zuerst beobachtet von Gassiot, Walker, Sturgeon und Mason (1828); besonders schnelle Rotation beobachteten O. Lehmann (1891) und Trotter (1894).

Von Oszillationen ist bisher relativ wenig bekannt; beobachtet sind solche von H. Ayrton (1899) am zischenden Lichtbogen, von Thompson (1896) am Wechselstrombogen, auch

gehören hierher die schnellen Pulsationen, welche beim Parallelschalten genügender Kapazitäten den tönenden Bogen ergeben (Duddell, 1900) sowie die neuerdings von Simon und Reich am Vakuummetallbogen beobachteten Erscheinungen.

Im nachstehenden sollen zwei Beobachtungen mitgeteilt werden, bei denen es sich um verhältnismässig sehr langsam verlaufende Erscheinungen handelt.[1])

1. Dauernde Rotation beim Wechselstrombogen.

Die Beobachtung wurde gemacht an einer normalen Wechselstromlampe für 10 Amp., welche bei konstanter Stromstärke mit verschiedener Spannung gebrannt wurde; letztere betrug normal 28 Volt und wurde bis auf ∼ 45 Volt gesteigert. Den normalen Bogen zeigt Fig. 1[2]), bei ∼ 35 Volt zeigte jedoch der Bogen

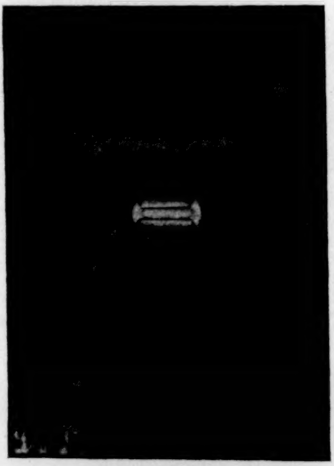

Fig. 1.

die deutliche Tendenz, sich nach dem Rande der Kohlen zusammenzuziehen und sich an diesem entlang zu bewegen; diese Bewegung hatte einen ausgesprochenen Richtungssinn, indem sie in einer Richtung gar nicht recht zustande kam, während im entgegengesetzten Sinne bis zu 25 volle Umläufe beobachtet werden konnten. Die bevorzugte Drehrichtung war im Sinne des Uhrzeigers, die Dauer eines Umlaufes sehr konstant, ∽ 15–17 Sekunden; die Erscheinung war sehr deutlich an dem durch Linsen erzeugten vergrösserten Bilde des Bogens zu verfolgen und verlief in der Weise, wie ich in Fig. 2 *a*–*d* darzustellen versucht habe.[1]) Zwischen den Reihen aufeinander folgender Rotationen zeigte der Bogen Stillstandsperioden, auch schüchterne Versuche, im entgegengesetzten Sinne sich zu bewegen, die aber niemals zu dauerndem Umlaufen führten; bei etwa 40 Volt liess die Deutlichkeit der Erscheinung infolge Unruhigwerden des Bogens nach, um beim späteren Herabgehen mit der Spannung bei dem gleichen Werte wieder einzusetzen.

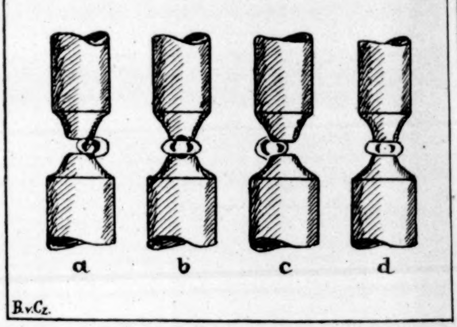

Fig. 2.

Wie ist nun die beschriebene Erscheinung zu erklären?

Nehmen wir von vornherein an, dass eine magnetische Wirkung des Erdfeldes vorhanden ist, so könnte diese nur, wie dies auch von S. P. Thompson (1896) beobachtet ist, ein mit dem Stromwechsel synchrones Hin- und Herspringen des Bogens um kleine Beträge veranlassen, was nur mit Hilfe eines rotierenden

1) Die Beobachtungen habe ich bereits vor längerer Zeit gemacht, aber bisher nicht veröffentlicht; da ich jedoch dieselben in absehbarer Zeit nicht weiter zu verfolgen in der Lage bin, möchte ich dieselben angesichts der eifrigen Thätigkeit gegenwärtig auf diesem Gebiete nicht länger zurückhalten, in der Hoffnung, dass die vorliegende Mitteilung vielleicht zu anderweiten Untersuchungen Anlass giebt.

2) Die Figur ist nach einem gleichgrossen Photogramm angefertigt; die auf diesem nicht sichtbaren Einzelheiten der Elektrodenbeschaffenheit sind jedoch nach direkter Beobachtung am vergrösserten Projektionsbilde hinzugefügt. Das Photogramm zeigt nur die Krater und die Umrisse in ihrer nächsten Nähe; die in der Figur angedeuteten Bläschen, (welche sich in Wirklichkeit in steter Bewegung und Wechsel befinden) in der Nähe der sich beim Brennen ausbildenden Kante, sind im Photogramm nicht sichtbar. (In der Litteratur finden sich leider immer noch vielfach dieselben alten unzutreffenden Abbildungen eines Lichtbogens, und zwar bei Gleichstrom; auf die charakteristischen Abweichungen, welche sich bei Wechselstrom ergeben, ist meines Wissens bisher nirgends sonderlich Rücksicht genommen.)

1) Das Umlaufen war sehr deutlich an der Bewegung der weissglühenden Ansatzstellen des Bogens zu verfolgen — die in der Figur schwarz angedeutet sind —, die im Bilde von rechts nach links wanderten, dort verschwanden, um nach einiger Zeit rechts am Rande aufzutauchen, während unterdessen der zwischen den Kohlen sichtbare Bogen ebenfalls nach rechts wanderte.

Spiegels zu erkennen ist, während bei Beobachtung ohne einen solchen der Bogen nur etwas verbreitert erscheinen würde; eine dauernde Rotation wäre nur denkbar, wenn eine sehr starke Einwirkung des Magnetsystems der Lampe auf den Bogen vorhanden wäre, wie bei den Versuchen von Herzfeld (1897)[1]), was aber der ganzen Konstruktion nach als ausgeschlossen anzusehen ist.[2]) Ganz anders ist es aber, wenn wir im Wechselstrombogen einen Gleichstrom annehmen könnten; ein solcher ist nun thatsächlich, wie zuerst von Jamin und Maneuvrier (1882), dann von Sahulka (1894) für einen Spezialfall beobachtet worden, möglich, und zeigt sich allgemein bei Verschiedenheit der Elektroden nach Grösse und Beschaffenheit, so dass also dann eine Art unipolarer Leitung oder Ventilwirkung vorliegt. Dass ein solcher Gleichstrom auch bei Anwendung von zwei Kohlenelektroden, auch solchen gleicher Art, auftreten kann, ist von Jamin und Maneuvrier (1882), Ch. F. Smith (1897), Eichberg und Kallir (1898), sowie Marchant und Duddell (1899) nachgewiesen worden; danach geht dieser Gleichstrom bei gleicher Beschaffenheit beider von der grösseren zur kleineren Elektrode, in vorliegendem Falle also, da die untere Kohle dicker, von unten nach oben: wir hätten ein Beispiel für den Fall 6 der Gruppe II nach der Starkeschen Einteilung der für unipolare Leitung in Betracht kommenden Fälle.[3]) Dies würde dann allerdings, zumal soweit sich erkennen liess, der Zwischenraum zwischen den beiden Kratern nicht ganz lichtlos war, die beschriebene Erscheinung erklären als hervorgebracht durch die Einwirkung des Erdfeldes auf den Jamin-Maneuvrierschen Gleichstrom; in guter Übereinstimmung damit wäre dann auch der Umstand, dass erst bei einer bestimmten „kritischen" Bogenlänge die Rotation beginnt, denn nach Untersuchungen von Blondel (1899) ist auch der erwähnte Gleichstrom für kurze Bogen — bis ∾ 1 mm — nur sehr schwach, eine Thatsache, die auch Jamin und Maneuvrier schon gefunden hatten. Zu erwähnen ist dagegen noch, dass die Lampe sich während dieser Beobachtungen in einem geräumigen Gehäuse aus Eisenblech befand.

2. Langsame Pulsationen am Gleichstrombogen.

Die nachstehend mitgeteilte Beobachtung habe ich wiederholt zu machen Gelegenheit gehabt, und zwar an Horizontallampen mit Handregulierung — durch Schraubenspindel, — bei denen also durch Änderungen im Bogen veranlasste Stromschwankungen voll zur Geltung kommen; die betr. Lampen waren in kleine Scheinwerfer eingebaut und wurden mit 15 Amp. gebrannt. Unmittelbar nach der Bogenbildung mit kalten Elektroden zeigten sich nun sehr auffällige Lichtschwankungen, deren Periode etwa 7 Sekunden betrug; dieselben hatten, wie ich feststellen konnte, ihren Ursprung in einer sonderbaren sprungweisen Veränderung des Bogens, von der ich in Fig. 3 eine Darstellung

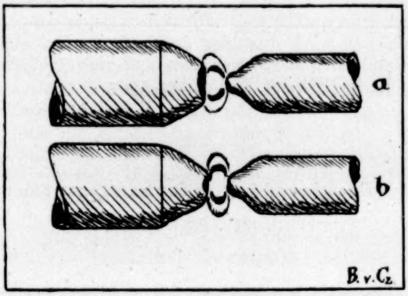

Fig. 3.

zu geben versucht habe[1]); der Bogen zeigte nämlich abwechselnd die gewöhnliche birnenförmige oder eine fast kugelförmige, richtiger ellipsoidische Gestalt, wobei die Übergänge der einen Form in die andere ruckweise erfolgten.[2]) Die oben erwähnten Lichtschwankungen waren dadurch veranlasst, dass synchron mit diesen Gestaltsänderungen sich der Krater veränderte — d. h. die weissglühende Zone an der +Elektrode —, indem derselbe entsprechend der jeweiligen Bogenform bald ziemlich ausgedehnt, bald nur verhältnismässig klein war, wie dies in Fig. 3 anzudeuten versucht ist; gleichzeitig traten recht beträchtliche Stromschwankungen auf, deren Verlauf angenähert in Fig. 4 dargestellt ist, wobei der grösseren Stromstärke auch die grössere Helligkeit entspricht.[3])

Diese Erscheinung ist wohl kaum anders zu erklären, denn als Pendeln der Entladung zwischen Glimmentladungs- und Bogenentladungszustand, veranlasst durch die bei wagerechter Elektrodenstellung relativ günstigen Abkühlungsverhältnisse — durch aufsteigende

1) Wied. Ann. **62**, 435—449, 1897.

2) Die betr. Lampe war eine Differentialteillampe von Siemens & Halske von 400 mm Gesamtkohlenlänge, die messingnes Gestänge und einen geschlossenen Magnetkreis von verhältnismässig geringer Streuung besitzt, deren Einwirkung auf den Bogen ausserdem durch die eiserne Grundplatte — Teller — der Lampe verhindert wird.

3) Verh. d. Dtsch. phys. Gesellsch. **5** (Heft 21), 377 ÷ 380, 1903 (Sitzung der Ges. vom 30. Oktober).

1) Von oben gesehen.

2) Besonders auffällig war die scharfe Krümmung der äusseren Begrenzung des Bogens im Falle Fig. 3b.

3) Vergl. die ganz ähnlichen Kurven von Simon und Reich, diese Zeitschr. **4**, 741, Fig. 3 und 4, 1903.

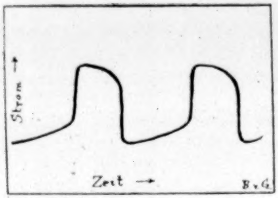

Fig. 4.

Luftströme — solange die Elektroden noch nicht genügend durchwärmt sind (vgl. J. Stark, Elektrizität in Gasen, S. 215—216). Sie dürfte auch gelegentlich an gewöhnlichen Bogenlampen auftreten, wird aber hier durch das sofort eintretende Regulieren verdeckt und ausgeglichen.

Berlin NW., 5. November 1903.

(Eingegangen 13. November 1903.)

Über Energie und Impuls der Röntgenstrahlen.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von Paul Hertz.

Bekanntlich entstehen die Röntgenstrahlen an der Stelle der Hittorfschen Röhre, wo die Kathodenstrahlen enden. Dieser Umstand spricht für die Wiechert-Stokessche Hypothese, man habe in ihnen die elektromagnetischen Stösse zu sehen, die ein seine Geschwindigkeit änderndes Elektron nach der Maxwell-Lorentzschen Theorie erregen muss. Über die Art dieser Geschwindigkeitsänderung sind noch zwei Annahmen möglich. Entweder bleibt das Elektron plötzlich stehen, oder es wird, in das Molekulargefüge der Antikathode eindringend, dort allmählich verlangsamt und zur Ruhe gebracht. Im ersten Falle würde der Röntgenzone die Breite des Elektronendurchmessers zukommen[1]), im zweiten Falle wäre sie von molekularen Dimensionen. Zwar würden die Versuche der Herren Haga und Wind[2]) über die Beugung der Röntgenstrahlen für die zweite Annahme entscheiden[3]), doch werden diese Versuche von Herrn Walter bestritten.[4]) Obwohl nun die genannten beiden Forscher ihre Behauptung aufrecht erhalten haben[5]), scheint es doch wünschenswert, sich noch nach anderen Kriterien umzusehen, um eine experimentelle Entscheidung der Frage vorzubereiten. Zudem müssen nach der Theorie auch bei der Emission der Becquerelstrahlen elektromagnetische Impulse auftreten, auf die sich natürlich die Haga-Windschen Versuche nicht beziehen, und bei diesen ist die Annahme der plötzlichen Geschwindigkeitserteilung wahrscheinlicher als bei den gewöhnlichen Röntgenstrahlen.

Als geeignetes Kriterium bietet sich die Ausstrahlung von Energie und Impuls[1]) dar. Nachdem Herr M. Abraham die Untersuchung für den einen Grenzfall, den Fall der sehr langsamen Geschwindigkeitsänderung, geführt hat[2]), werde in diesen Zeilen der andere Grenzfall behandelt. Wir stellen uns die folgende Aufgabe:

Ein Elektron erleide plötzlich einen Geschwindigkeitssprung von der Geschwindigkeit q_1 auf eine ihr parallel gerichtete Geschwindigkeit q_2, wo beide kleiner als die Lichtgeschwindigkeit anzunehmen sind. Wie gross sind ausgestrahlte Energie und Impuls?[3])

Zur Beantwortung dieser Frage führen zwei Wege. Der erste, näher liegende, besteht in der Ausrechnung des Feldes und der Integration über die Wellenzone. Diesen Weg beschritt ich zunächst, als ich mir auf Anregung des Herrn Abraham, Energie und Impuls zu berechnen vornahm. An der Bauart der Schlussformel jedoch erkannte ich, dass es ein noch einfacheres, auf allgemeinen dynamischen Grundsätzen beruhendes Verfahren geben müsse. Dies zu entwickeln, ist der Zweck der vorliegenden Mitteilung. Zu seiner Begründung brauchen wir das folgende Vertauschungsgesetz.

§ 1. Vertauschungsgesetz.

Bekanntlich ist die Lösung der Maxwell-Lorentzschen Gleichungen eindeutig bestimmt, wenn für den betreffenden und alle früheren Zeitpunkte im ganzen Felde die elektrischen Ladungen und ihre Geschwindigkeiten gegeben sind. Mithin wird es erlaubt sein, unser eines Elektron durch ein System mehrerer Ladungen nebst Geschwindigkeitsverteilungen zu ersetzen, falls diese superponiert Ladung und Geschwindigkeit des vorgegebenen Elektrons ergeben. Denn die von ihnen einzeln herrührenden Lösungen braucht man nur zu superponieren, um die Lösung für das Elektron zu

1) J. J. Thomson, Phil. Mag. [5] **45**, 172, 1898.

2) K. Akademie van Wetenschappen, Amsterdam, April 1899, S. 420 und Wied. Ann. **68**, 884, 1899.

3) A. Sommerfeld, diese Zeitschr. **1**, 105, 1899; **2**, 55, 1900; **2**, 88, 1900; Zeitschrift für Mathem. und Phys. **46**, 11, 1901.

4) Walter, diese Zeitschr. **3**, 137, 1902.

5) Haga und Wind, Kon. Akademie van Wetenschappen S. 247, 1902.

1) Über diesen Begriff siehe M. Abraham, Ann. d. Phys. **10**, 120ff., 1903.

2) M. Abraham, l. c. S. 153ff.

3) Diese etwas verallgemeinerte Problemstellung — beide Geschwindigkeiten q_1 und q_2 von Null verschieden — fände etwa ihre physikalische Bedeutung, wenn man bei den Röntgenstrahlen die Erdbewegung berücksichtigen oder Elektronen betrachten wollte, die aus dem fliegenden Molekül herausgeschleudert werden.

erhalten. Derartige Partialsysteme wollen wir nun auch kurz Elektronen nennen, selbst wenn sie in der Natur unmöglich sein sollten und etwa, im Gegensatz zu ihrer Summe, der Kontinuitätsgleichung nicht genügen sollten. Wenden wir diese physikalische Ausdrucksweise auf solche mathematische Gebilde an, so kann es auch nicht zweifelhaft sein, was wir unter Elektronen verstehen, die zu „existieren beginnen".

An Stelle des einen Elektrons, das an einer bestimmten Stelle P seiner Bahn zur Zeit t_0 von der Geschwindigkeit q_1 auf q_2 springt, denken wir uns jetzt drei Elektronen.

1. Ein Elektron, das sich auf der betreffenden Bahn von der Zeit $-\infty$ bis $+\infty$ beständig mit der Geschwindigkeit q_1 bewegt. Die elektrische Dichte sei in ihm in gleicher Weise, wie im zu untersuchenden verteilt.

2. Ein Elektron, das zur Zeit $t = t_0$ in P zu „existieren beginnt" und für alle Zeiten $t > t_0$ mit der Geschwindigkeit q_1 die betreffende Bahn durchläuft; seine Dichte sei in entsprechenden Punkten numerisch gleich, aber von entgegengesetztem Vorzeichen, wie die des ersten.

3. Ein Elektron, das zur Zeit $t = t_0$ in P zu „existieren beginnt" und für alle Zeiten $t > t_0$ mit der Geschwindigkeit q_2 die betreffende Bahn durchläuft; seine Dichte sei in entsprechenden Punkten numerisch gleich und von gleichem Vorzeichen, wie die des ersten.

Es ist sofort zu übersehen, dass diese drei Hilfselektronen unser vorgegebenes völlig zu ersetzen imstande sind. Zu Zeiten $t < t_0$ ist nur das erste vorhanden, zu Zeiten $t > t_0$ dagegen heben sich die Wirkungen des ersten und zweiten auf, so dass nur die des dritten bestehen bleiben. Die Gesamtwirkung ist also der vom springenden Elektron ausgehenden ganz gleich. Dies schreiben wir symbolisch in der Form:

$$\Phi(\varrho, q_1\, q_2) = \Phi(\varrho, q_1) + \Psi(-\varrho, q_1) + \Psi(\varrho, q_2).$$

Die Φ deuten die Felder (elektrische Feldstärke, magnetische Feldstärke, Potential usw., überhaupt irgend eine der Superposition fähige Feldgrösse) real möglicher Elektronen an, $\Phi(q_1\, q_2)$ das Feld eines von der Geschwindigkeit q_1 auf q_2 springenden Elektrons, also des vorgegebenen. Das Argument ϱ soll die vorliegende Dichtigkeitsverteilung andeuten; eine solche, bei der alle Dichten den negativen Wert der vorgegebenen haben, ist durch das Argument „$-\varrho$" gekennzeichnet. $\Phi(\varrho, q_1, q_2)$ ist daher das gesuchte Feld. $\Phi(q_1)$ sei das Feld eines stationär mit der Geschwindigkeit q_1 bewegten Elektrons. Das Feld des ersten Hilfselektrons ist demnach $\Phi(\varrho, q_1)$ zu schreiben. Die Ψ sind die Potentiale der zu „existieren beginnenden" Elektronen. Je nachdem die Geschwindigkeit, mit der sie ihre Existenz beginnen, q_1 oder q_2 beträgt, schreiben wir $\Psi(q_1)$ oder $\Psi(q_2)$. Die Felder des zweiten und dritten Hilfselektrons sind also zu schreiben: $\Psi(-\varrho, q_1)$ und $\Psi(\varrho, q_2)$.

Nun ist nach der Maxwellschen Theorie sofort einleuchtend, dass gesetzt werden darf:

$$\Psi(-\varrho, q_1) = -\Psi(\varrho, q_1).$$

Danach nimmt unsere symbolische Gleichung die Form an

$$\Phi(\varrho, q_1, q_2) = \Phi(\varrho, q_1) + \Psi(\varrho, q_2) - \Psi(\varrho, q_1),$$

oder — unter Weglassung des nicht mehr interessierenden ϱ —:

$$\Phi(q_1, q_2) = \Phi(q_1) + \Psi(q_2) - \Psi(q_1)$$

Wir betrachten nun das Feld erst eine hinlänglich grosse Zeit T nach Eintreten des Geschwindigkeitssprunges.

Dann hat sich die Wellenzone weit vom Ursprungspunkte P entfernt. Es ist bekannt, dass in solchen Entfernungen die Feldstärken stationärer Felder mit der zweiten Potenz der Entfernung abnehmen; andererseits zeigt sich, dass die Kräfte der Felder Ψ mit der ersten Potenz abnehmen [1]), so dass für die Ausstrahlung nur die letzteren in Betracht kommen. Wir dürfen also schreiben

$$\Phi(q_1, q_2) = \Psi(q_2) - \Psi(q_1).$$

Nun ziehen wir zum Vergleiche ein zweites Elektron heran, das den umgekehrten Geschwindigkeitssprung — den von q_2 auf q_1 — erleidet, wie das erste. Für dieses wird gelten:

$$\Phi(q_2, q_1) = \Psi(q_1) - \Psi(q_2).$$

Es wird also schliesslich sein:

$$\Phi(q_2, q_1) = -\Phi(q_1, q_2).$$

Das heisst: Ersetze ich einen Geschwindigkeitssprung durch einen anderen unter Vertauschung der beiden Geschwindigkeiten, so bleiben alle Feldstärken numerisch gleich, kehren aber ihre Richtung um. Bei dieser Umkehrung bleibt jedoch die Energie ungeändert; ungeändert an Grösse und Richtung bleibt auch der Impulsvektor, da er sich als ein Integral des Poyntingschen Vektors [2]), des mit $\frac{c}{4\pi}$ multiplizierten äusseren Produktes aus elektrischer und magnetischer Kraft, darstellt. Wir erhalten also das folgende Vertauschungsgesetz:

Vertauscht man im Geschwindigkeitssprunge die beiden in Frage kommenden Geschwindigkeiten, so bleibt die Energie ungeändert und auch der Impuls ungeändert an Grösse und Richtung.

Indem wir die ausgestrahlte Energie mit $W_{1\,2}$ resp. $W_{2\,1}$, den Impuls mit $G_{1\,2}$ resp. $G_{2\,1}$ bezeichnen, schreiben wir das Gesetz in Zeichen:

$$\left.\begin{aligned} W_{1\,2} &= W_{2\,1} \\ G_{1\,2} &= G_{2\,1} \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

1) Das soll an anderem Orte gezeigt werden, wo der Beweis des „Vertauschungsgesetzes" überhaupt in ausführlicherer und strengerer Form gegeben werden wird.

2) M. Abraham, l. c. S. 130.

§ 2. Energie-Impulsrelationen.

Mit Hilfe dieses Resultates gelingt nun in einfacher Weise die Berechnung der Energie und des Impulses. Zunächst ist aus Gründen der Symmetrie sofort ersichtlich, dass der Impuls parallel den Geschwindigkeiten q_1 und q_2 weisen muss. Um jedoch die Grösse der Energie und des Impulses zu finden, stützen wir uns auf allgemeine dynamische Grundsätze.

Herr H. A. Lorentz hat die Gültigkeit der Energiegleichung für die nach ihm benannte Theorie dargetan.[1]) Diese Gleichung lässt sich nach Herrn Abraham[2]) auf die Form bringen:

$$q \frac{dG}{dt} = \frac{dW}{dt},$$

wo t die Zeit, q, W, G die jeweils vorhandene Geschwindigkeit, Energie und den Impuls bezeichnet.

Diese Gleichung werde von dem Momente t_0 des Sprunges bis zu einer sehr viel späteren Zeit T integriert. Da q beständig $= q_2$ ist, so erhalten wir

$$q_2 \, [G]_{t_0}^{T} = [W]_{t_0}^{T}.$$

Zur Zeit t_0 haben W und G die Werte, die dem stationären Felde eines Elektrons von der Geschwindigkeit q_1 zukommt; nennen wir sie W_1 und G_1. Zur Zeit T zerfällt das Feld in zwei Teile: Wir haben erstens das bereits sehr ausgedehnte stationäre, der Geschwindigkeit q_2 entsprechende Feld, mit den ihm zugehörigen Grössen W_2 und G_2, zweitens, dieses umrahmend, die Zone der Wellenerregung mit $W_{1\,2}$ und $G_{1\,2}$ als Energie und Impuls.

Somit wird unsere Gleichung:

$$q_2 \, (G_2 - G_1 + G_{1\,2}) = W_2 - W_1 + W_{1\,2}.$$

Nehmen wir den umgekehrten Geschwindigkeitssprung q_2, q_1 vor, so erhalten wir durch Vertauschung des Indices:

$$q_1 \, (G_1 - G_2 + G_{2\,1}) = W_1 - W_2 + W_{2\,1}.$$

§ 3. Berechnung der ausgestrahlten Energie und des Impulses.

Diese beiden Gleichungen ergeben in Verbindung mit dem Vertauschungsgesetz das folgende Formelsystem:

$$\left.\begin{array}{l} q_2 \, (G_2 - G_1 + G_{1\,2}) = W_2 - W_1 + W_{1\,2} \\ q_1 \, (G_1 - G_2 + G_{1\,2}) = W_1 - W_2 + W_{1\,2} \end{array}\right\} \quad (2)$$

Hier sind W_1, G_1 resp. W_2, G_2 reine Funktionen von q_1 resp. q_2 allein; es sind auch bekannte Funktionen, denn Herr Abraham hat sie in der mehrfach erwähnten Arbeit berechnet.[3]) Daher lassen sich aus unsern beiden Gleichungen die noch unbekannten Funktionen $W_{1\,2}$ und $G_{1\,2}$ bestimmen.

Es ist möglich, aus den Formeln für die Energie und den Impuls der stationären Felder Energie und Impuls der durch Geschwindigkeitsunstetigkeiten erzeugten Wellen zu berechnen.

Durch Subtraktion folgt aus (2):

$$(q_2 + q_1)(G_2 - G_1) + (q_2 - q_1) G_{1\,2} = 2 (W_2 - W_1)$$

oder, indem wir mit c die Lichtgeschwindigkeit bezeichnen und $\frac{q_1}{c} = \beta_1$, $\frac{q_2}{c} = \beta_2$ setzen:

$$G_{1\,2} = \frac{1}{c(\beta_2 - \beta_1)} \left\{ 2 (W_2 - W_1) - c (\beta_1 + \beta_2)(G_2 - G_1). \right\} \quad (3)$$

Bezeichnen wir den elektrischen Anteil der Energie mit E, den magnetischen mit M und bemerken, dass nach Abraham[1]) gilt

$$q_1 \, G_1 = 2 M_1 ; \; q_2 \, G_2 = 2 M_2,$$

so können wir für unsere Gleichung die andere Form gewinnen:

$$G_{1\,2} = \frac{2}{c(\beta_2 - \beta_1)} \left\{ E_2 - E_1 + \frac{\beta_2}{\beta_1} M_1 - \frac{\beta_1}{\beta_2} M_2 \right\} \quad (3a)$$

wo für die W, E, M die Werte der Abrahamschen Arbeit einzusetzen sind.

Ferner erhalten wir aus den Gleichungen (2) nach Multiplikation mit q_1 resp. q_2 und Subtraktion:

$$2 q_1 q_2 (G_2 - G_1) = (q_1 + q_2)(W_2 - W_1) + (q_1 - q_2) W_{1\,2},$$

oder

$$4 q_1 M_2 - 4 q_2 M_1 = q_1 W_2 + q_2 W_2 - q_1 W_1 - q_2 W_1 + (q_1 - q_2) W_{1\,2},$$

woraus folgt:

$$W_{1\,2} = \frac{1}{\beta_2 - \beta_1} \left\{ \beta_2 (W_2 + 4 M_1 - W_1) - \beta_1 (W_1 + 4 M_2 - W_2) \right\}. \quad (4)$$

Eine sehr einfache Form nehmen die Gleichungen an, wenn man in ihnen $\beta_2 = 0$ setzt. Der Fall beansprucht auch besonderes physikalisches Interesse, da er die von der Antikathode der Hittorfschen Röhre ausgehenden Erregungen — wahrscheinlich die Röntgenstrahlen — betrifft.

Für diesen Fall ist

$$\beta_2 = 0$$
$$G_2 = 0$$
$$M_2 = 0$$
$$W_2 = E_2$$

und man erhält aus (4) und (3a)

$$W_{1\,2} = W_1 - W_2 = W_1 - E_2 \quad (5)$$

$$G_{1\,2} = \frac{2}{q_1} (E_1 - E_2). \quad (6)$$

Man kann natürlich auch die Betrachtungen, die uns zu (4) und (3a) geführt haben, an diesem speziellen Fall wiederholen, und wird finden, dass sie sich wesentlich vereinfachen. E_2 ist die gewöhnliche elektrostatische Energie eines ruhenden Elektrons. Die Gleichung (5) sagt aus:

1) H. A. Lorentz, Versuch einer Theorie der el. u. opt. Erscheinungen in bewegten Körpern, 22, Leiden 1895; M. Abraham, l. c. S. 119.

2) l. c. S. 129 f. Formel VI und VIIa resp. S. 135, 8b.

3) l. c. S. 147.

1) l. c. Formel 12 und 15b.

Vor und nach dem Sprung ist die Gesamtenergie des Feldes die gleiche. Der Grund liegt nahe: Weil die Geschwindigkeit nach dem Sprunge 0 war, ist keine Arbeit geleistet worden.

Dieselben Formeln gelten nach dem Vertauschungsgesetz auch für den Fall, dass ein vorher ruhendes Elektron plötzlich fortgeschleudert wird. Vielleicht sind die von der Theorie geforderten elektromagnetischen Stösse identisch mit den Rutherfordschen γ-Strahlen.

Wenden wir uns jetzt wieder dem allgemeinen Falle zu. Wir haben uns bisher nicht entschieden, ob wir Volumen- oder Flächenladung des Elektrons annehmen wollen. Nun hat Herr M. Abraham[1]) gezeigt, dass sich die Grössen W, M, E, G im Verhältnisse 6 : 5 ändern, wenn man unter Beibehaltung der Gesamtladung vom Falle der Volumenladung zum Falle der Flächenladung übergeht. Mit den W, M, E, G sind nun aber die W_{12} und G_{12} durch lineare Relationen verknüpft. Also gilt der Satz:

Geht man vom Falle der Volumenladung zum Falle der Flächenladung bei Beibehaltung der Gesamtladung über, so ändern sich Energie und Impuls der Wellen im Verhältnisse 6:5.

Wir brauchen unter diesen Umständen nur den Fall der Volumenladung zu berücksichtigen, da wir den anderen sofort aus diesem erhalten können.

Setzen wir in (4) nach Herrn M. Abraham[2])

$$W = \frac{3}{5}\frac{e^2}{a}\left\{\frac{1}{\beta}\, ln \frac{1+\beta}{1-\beta} - 1\right\}$$

$$M = \frac{3}{10}\frac{e^2}{a}\left\{\frac{1+\beta^2}{2\beta}\, ln \frac{1+\beta}{1-\beta} - 1\right\},$$

wo e die Ladung, a den Radius des Elektrons bedeutet, so wird

$$W_{12} = \frac{3}{5}\frac{e^2}{a}\left\{\frac{1-\beta_1\beta_2}{\beta_2-\beta_1}\, ln \frac{1+\beta_2}{1-\beta_2} - \frac{1-\beta_1\beta_2}{\beta_2-\beta_1}\, ln \frac{1+\beta_1}{1-\beta_1} - 2\right\}. \tag{7}$$

Der Ausdruck ist symmetrisch in β_1 und β_2, d. h. bleibt bei ihrer Vertauschung ungeändert, wie es unser Grundsatz fordert. Gehn wir jetzt zur Betrachtung spezieller Fälle über.

§ 4. Spezielle Fälle.

1. β_1 und β_2 klein gegen 1 (Kathodenstrahlen). Sind β_1 und β_2 klein gegen die Einheit, so entwickeln wir die Ausdrücke der Formeln (7) und (3a), in die letztere die Abrahamschen Werte einsetzend, nach Potenzen von β_1 und β_2 und vernachlässigen Glieder von der vierten Ordnung. Die entstehenden Formeln werden für langsame Kathodenstrahlen, nicht aber Becquerelstrahlen gültig sein.

Sie lauten:

$$W_{12} = \frac{2}{5}\frac{e^2}{a}(\beta_2-\beta_1)^2 \tag{8}$$

$$G_{12} = \frac{4}{25}\frac{e^2}{ac}(\beta_2-\beta_1)^2(\beta_2+\beta_1). \tag{9}$$

Die Ausdrücke sind wieder symmetrisch in β_1 und β_2 und verschwinden für $\beta_1 = \beta_2$, was von vornherein klar ist. Auffallend ist die Kleinheit von G_{12}; der Impuls des stationären Feldes nämlich schreibt sich für kleine β

$$G = \frac{4}{5}\frac{e^2}{ac}\beta.$$

2. $\beta_2 - \beta_1 = \beta_3$ klein gegen β_1, β_2 (kleine Sprünge). Die Geschwindigkeiten mögen jetzt beliebig, nur natürlich < 1, angenommen werden. Der Geschwindigkeitssprung $\beta_2 - \beta_1 = \beta_3$ sei aber klein gegen die Geschwindigkeiten β_1 und β_2. Mit Benutzung des Taylorschen Lehrsatzes erhalten wir aus (7)

$$W_{12} = \frac{2}{5}\frac{e^2}{a}\frac{\beta_3^2}{(1-\beta^2)^2}. \tag{10}$$

Aus (3) folgert man leicht, ebenfalls mit Benutzung des Taylorschen Satzes,

$$G_{12} = \frac{\beta_3^2}{6}\frac{d^2G}{d\beta^2},$$

wo sich G auf ein stationäres Feld bezieht. Hieraus erhält man:

$$G_{12} = \frac{1}{10}\frac{e^2\beta_3^2}{ac\,\beta^3}\left\{\frac{3}{\beta}\, ln \frac{1+\beta}{1-\beta} - \frac{6-10\beta^2}{(1-\beta^2)^2}\right\} \tag{11}$$

Zwischen β_1 und β_2 braucht hier natürlich nicht unterschieden zu werden; für beides schreiben wir β.

3. β_1, β_2 klein gegen 1; $\beta_2 - \beta_1 = \beta_3$ klein gegen β_1, β_2 (Kathodenstrahlen; kleine Sprünge). Zur Probe auf die Richtigkeit von unsern Formeln für den ersten und zweiten Fall betrachten wir den dritten, dass einerseits β_1 und β_2 klein gegen 1 sind, gegen diese andererseits wieder $\beta_2 - \beta_1$. Die betreffenden Formeln müssen sowohl aus (8) und (9) wie auch aus (10) und (11) folgen. In der That erhält man übereinstimmend aus beiden Gleichungspaaren

$$W_{12} = \frac{2}{5}\frac{e^2}{a}\beta_3^2 \tag{12}$$

$$G_{12} = \frac{8}{25}\frac{e^2}{ac}\beta\beta_3^2. \tag{13}$$

4. $\beta_2 = 0$, $\beta_1 = \beta$; oder $\beta_1 = 0$, $\beta_2 = \beta$ (plötzlich gehemmtes und geschleudertes Elektron). Den Fall des plötzlich gehemmten und plötzlich geschleuderten Elektrons erkannten wir schon vorhin als besonders wichtig. Jetzt wollen wir die Werte vollständig in den β ausgedrückt geben.

Aus (7) und (3), oder auch aus (5) und (6) gewinnen wir die Formeln

1) Gött. Nachr. **36**, 1902; Ann. d. Phys. l. c. S. 147; vgl. auch Betti, Lehrb. d. Pot. S. 259, 1885.

2) l. c. S. 147.

$$W_{12} = \frac{3}{5} \frac{e^2}{a} \left\{ \frac{1}{\beta} \ln \frac{1+\beta}{1-\beta} - 2 \right\} \quad (14)$$

$$G_{12} = \frac{3}{10} \frac{e^2}{a c} \frac{1}{\beta} \left\{ \frac{3-\beta^2}{\beta} \ln \frac{1+\beta}{1-\beta} - 6. \right\} \quad (15)$$

Bei langsamen Kathodenstrahlen können die vierten Potenzen der β vernachlässigt werden, bei den Becquerelstrahlen nicht. Indem wir entweder in (14) und (15) nach Potenzen von β entwickeln oder in (8) und (9) eines der $\beta = 0$ setzen, bekommen wir die Annäherungsformel für kleine β:

$$W_{12} = \frac{2}{5} \frac{e^2}{a} \beta^2 \quad (16)$$

$$G_{12} = \frac{4}{25} \frac{e^2}{a c} \beta^3 \quad (17)$$

Hier ist nun wieder die Kleinheit der ausgestrahlten Bewegungsgrösse gegen die des stationären Feldes:

$$G = \frac{4}{5} \frac{e^2}{a c} \beta$$

hervorzuheben.

Will man den Druck der Kathodenstrahlen beim Aufprall berechnen, so darf der ausgestrahlte Impuls vernachlässigt werden.

Fernerlässt (16) eine einfache Interpretation zu. Ein Vergleich unserer Formel (16) mit einer Formel des Herrn Abraham[1]) zeigt, dass W_{12} gerade so gross ist, wie die magnetische Energie eines mit der Geschwindigkeit $c\beta$ bewegten Elektrons. Nun war das aber auch vorauszusehen. W_{12} sollte die Differenz der Energie des bewegten und der elektrostatischen des ruhenden Elektrons sein. Da für kleine β die elektrische Energie von der Geschwindigkeit unabhängig ist[2]), so bleibt als Differenz nur die magnetische des bewegten Elektrons übrig.

5. Denken wir uns ein Elektron, das vollständig reflektirt wird, d. h. nehmen wir $\beta_2 = -\beta_1$ an.

Setzen wir:

$$q_1 = -q_2 = q$$
$$G_1 = -G_2 = G$$
$$W_1 = W_2 = W,$$

so schreiben sich die Gleichungen (2)

$$q(2G - G_{12}) = W_{12}$$
$$q(2G + G_{12}) = W_{12},$$

woraus folgt

$$G_{12} = 0 \quad (18)$$
$$W_{12} = 4M. \quad (19)$$

Bei der vollständigen Reflexion wird kein Impuls ausgestrahlt. Die ausgestrahlte Energie ist viermal grösser als die magnetische Energie des stationär bewegten Elektrons.

1) l. c. Formel 15e.
2) l. c. Formel 15e.

Man kann den einen Teil dieser Rechnung auch so in Worte fassen:

Liegt der Fall der vollständigen Reflexion vor, so vertausche man q_1 mit q_2. Dabei muss nach unserem Prinzip der Impulsvektor erhalten bleiben. Andererseits bedeutet die Vertauschung von q_1 mit q_2 eine Umkehrung oder Spiegelung des ganzen Vorgangs. Also muss der Impulsvektor sich umkehren. Ein Vektor aber, der gleichgerichtet seinem Spiegelbilde ist, muss $= 0$ sein.

Alle hier entwickelten Formeln habe ich auch nach jener anderen Methode erhalten: durch Berechnung der Feldstärken und Integration über die Wellenzone. Hierüber denke ich an einem anderen Orte zu berichten. Dort sollen auch die hier nur kurz angedeuteten Beweise ausführlich und streng geführt werden.

(Eingegangen 4. November 1903.)

Beeinflusst der Magnetismus die chemischen Reaktionen bei Silberhalogen- und lichtempfindlichen Eisensalzen?

Von A. Schweitzer.

Die Untersuchungen über die Frage der Einwirkung des Magnetismus auf chemische Reaktionen bei Silberhalogen- und lichtempfindlichen Eisensalzen sind nicht sehr zahlreich, doch gaben die meisten derselben ein bejahendes Resultat. Braham[1]) und Greene[2]) beobachteten ein Verschleiern und Auftreten eines intensiven Fleckes bei Bromsilber-Gelatineplatten, welche zwischen den Polen eines Elektromagneten entwickelt wurden. Nähere Details sind über diese Versuche nicht mitgeteilt. Ausführlicher berichtet Jahr[3]) über seine Untersuchungen, bei welchen er den Einfluss permanenter Magnete, als auch Elektromagnete, auf Bromsilber-Gelatineplatten studierte. Jahr erhält als Resultat, dass der Magnetismus auf trockene photographische Platten keine chemischen Einflüsse ausübt, hingegen konnte er bei Platten, welche mit Wasser oder photographischen Entwicklern befeuchtet waren, eine Einwirkung durch den Magnetismus konstatieren. Jahrs Arbeit enthält so viele Irrtümer, dass ich auf dieselben nicht näher eingehen will. Die grösste Anzahl der Untersuchungen wurden ohne Kontrollversuche vorgenommen, und chemische Wirkungen, welche allein den Flüssigkeiten, mit welchen die Platten benetzt waren, zuzuschreiben sind, als Einwirkung des Magnetismus gedeutet. Endlich teilt noch Liesegang[4]) mit, dass lichtempfindliche Eisensalze

1) Phot. News 1889, S. 620; Brit. Assoc. 1889, S. 519.
2) Phot. News 1889, S. 751.
3) Elektrochem. Zeitschr. 1898, S. 178.
4) Phot. Archiv 1890, S. 168.

im magnetischen Felde weniger lichtempfindlich sind, bei Silbersalzen konnte er hingegen keinen Einfluss des Magnetismus wahrnehmen. Welche Salze und in welcher Weise er dieselben untersuchte, giebt Liesegang nicht an. Nach den theoretischen Betrachtungen von de Hemptinne[5]) ist eine nachweisbare Beeinflussung der chemischen Reaktionen durch den Magnetismus nicht zu erwarten, wie er dies auch für einige Fälle durch Versuche bestätigen konnte.

Da mit den oben angeführten Versuchen die Frage über einen eventuellen Einfluss des Magnetismus auf die chemischen Reaktionen photochemisch wirksamer Salze nicht als gelöst betrachtet werden kann, stellte ich eine grössere Anzahl von Untersuchungen in dieser Richtung an. Bei sämtlichen Versuchen wurde getrachtet, alle störenden Ursachen zu vermeiden, und wurden, da dies nur in den wenigsten Fällen ganz erreichbar war, stets zwei Proben untersucht, die eine im magnetischen Felde, die andere unter vollkommen gleichen Umständen zur Kontrolle ausserhalb des Feldes.

Das magnetische Feld wurde bei allen Versuchen durch einen kräftigen Ruhmkorffschen Elektromagneten, dessen abgerundete Polschuhe verstellbar angeordnet waren, hergestellt. Durch Änderung der Erregerstromstärke und Polschuhdistanz konnte das Feld in weiten Grenzen variiert werden. Zunächst wurde mit Hilfe einer Prüfspule nach der ballistischen Methode für verschiedene Erregerstromstärken und Polschuhdistanzen das mittlere Feld direkt zwischen den Polschuhen bestimmt. Die im folgenden angegebenen Werte der Feldstärke wurden durch graphische Interpolation gefunden.

5) Zeitschr. f. phys. Chem. 1900, S. 668.

Der erste Teil meiner Versuche bezieht sich auf Silberhalogensalze, welche sowohl in der Form von Gelatine-Emulsionsplatten und -Papieren, als auch Celloidin-Emulsionspapieren untersucht wurden. Bei sämtlichen Untersuchungen mit Platten war der Elektromagnet so gestellt, dass das magnetische Feld vertikal verlief, und man zwischen die Polschuhe leicht eine kleine Küvette einführen konnte. Stets wurden zwei Platten aus dem gleichen Paket unter vollkommen gleichen Umständen untersucht, jedoch die eine im magnetischen Felde, die andere ausserhalb desselben. Nachdem beide Platten während einer gewissen Zeitdauer ausgesetzt waren, wurden sie zusammen in der gleichen Küvette gleich lang entwickelt und hierauf gemeinschaftlich fixiert. Als Entwickler nahm ich gewöhnlich Adorol, doch wurde bei einigen Versuchen auch Pyrogall, Metol und Eisenoxalat benutzt.

In folgender Tabelle gebe ich nun die Resultate einiger der zahlreichen Versuche, welche ich mit unbelichteten Platten vorgenommen. Die Platten wurden entweder in schwarzes Papier gut verpackt oder in einer Dunkelkammer untersucht. Die Tabelle enthält die Marke der benutzten Platten, die näheren Umstände, welchen beide Platten ausgesetzt waren, die Stärke des magnetischen Feldes, in welchem sich eine der Platten befand, die Zeitdauer der Exposition und endlich das Aussehen der Platten nach dem Entwickeln und Fixieren.

Marke	Nähere Umstände bei der Exposition	Feldstärke C.G.S.	Zeitdauer der Exposition	Aussehen der Platten nach dem Entwickeln und Fixieren
	1. Bromsilber-Emulsions-Platten.			
Lumière „blau“ . . .	Platten trocken in schwarzes Papier eingeschlagen	6500	30′	Beide Platten ohne irgend einer Spur von Einwirkung.
Lumière „lila“ . . .		20000	3h	
Ilford „sp. r.“ . . .		14000	17h	
Lumière „blau“ . . .	Platte in destilliertem Wasser exponiert	6500	20′	Keine Einwirkung.
Smith „grün“		12000	3h 30′	Beide Platten zeigen einen ganz schwachen Schleier.
Lumière „blau“ . . .	Platte in Leitungswasser exponiert . .	14000	1h	Ganz schwach. Schleier bei beid. Platten.
Lumière „blau“ . . .	Platte in verdünntem „Adorol“-Entwickler	14000	10′	Schwacher Schleier bei beiden Platten.
Ilford „sp. r.“ . . .	Platte in konz. „Adorol“-Entwickler . .	6500	30′	Starker „
Ilford „sp. r.“ . . .	Platte in verdünnt. „Pyrogall“-Entwickler	12000	10′	Stark. Gelb- „
Lumière „lila“ . . .	Platte in konz. „Metol“-Entwickler . .	14000	20′	Starker „
Lumière „blau“ . . .	Platte in „Eisenoxalat“-Entwickler . .	14000	10′	Starker „
Lumière „blau“ . . .	Platte in Pottasche-Lösung 1 : 10 . . .	12000	30′	Schwacher „
	2. Chlorsilber- und Chlor-Bromsilber-Emulsions-Platten.			
Edwards „rot“ . . .	Platte trocken in schwarzes Papier eingeschlagen	20000	6h	Beide Platten ohne irgend eine Einwirkung.
Smith „Lantern“ . .		20000	9h	
Smith „Lantern“ . .	Platte in destilliertem Wasser	14000	1h 30′	Schwacher Schleier bei beiden Platten.
Edwards „rot“ . . .	Platte in konz. „Adorol“-Entwickler . .	12000	20′	Starker „ „ „ „
Edwards „rot“ . . .	Platte in „Eisenoxalat“-Entwickler . .	12000	10′	„ „ „ „ „

Alle Schleierbildungen waren über die ganzen Platten gleichmässig erstreckt und rühren nur von der Einwirkung der Flüssigkeiten, in welchen sich die Platten befanden, her.

Weitere Versuche stellte ich noch mit vorher ganz oder nur teilweise belichteten Platten an. Sie wurden sowohl trocken, als auch mit Wasser benetzt dem magnetischen Felde ausgesetzt; ferner entwickelte ich auch einige vorher belichtete Platten zwischen den Polschuhen des Elektromagneten bei Feldstärken von 14000 C. G. S. Bei allen diesen Versuchen konnte ich nicht den geringsten Einfluss von seite des magnetischen Feldes konstatieren; die etwa vorhandenen schwachen Schleierbildungen waren stets über die ganzen Platten erstreckt und bei beiden Platten von gleicher Stärke, auch waren die Bilderkonturen der nur teilweise belichteten Platten vollkommen scharf.

Sodann nahm ich einige Versuche mit photographischen Kopierpapieren vor. Zur Untersuchung gelangen Bromsilbergelatine, Chlorsilbergelatine und Chlorsilber-Celloidinpapiere. Zunächst wurden trockene, unbelichtete Stücke dieser Papiere lichtdicht verschlossen in ein Feld von ca. 28000 C. G. S. gebracht, bis 12^h dort belassen, und hierauf entwickelt; eine Einwirkung des Feldes konnte nicht wahrgenommen werden. Ebenso wurden auch mit Wasser oder Entwickler befeuchtete photographische Papiere untersucht, auch hierbei war keine Einwirkung des Feldes nachweisbar. Um nun noch zu konstatieren, ob etwa die Lichtempfindlichkeit der Silberhalogen-Emulsionspapiere durch das magnetische Feld geändert wird, schnitt ich etwa 20 cm lange, 3 mm breite Streifen der Papiere, befestigte diese auf Holzstäbchen und führte letztere samt den Papieren so zwischen die Polschuhe des Elektromagneten ein, dass die Mitte der Streifen auf eine Länge von etwa 2 cm in einem Felde von ca. 24000 C. G. S., die Enden dagegen bereits in einem verschwindend schwachen Felde sich befanden. Je nach der Sorte der Papiere wurden diese sodann zerstreutem Tageslicht oder künstlichem Licht exponiert und eventuell entwickelt. Ein Einfluss des magnetischen Feldes sowohl auf trockene als auch benetzte photographische Silberpapiere trat in keinem Falle auf; die Streifen waren stets in ihrer ganzen Länge vollkommen gleichmässig vom Lichte angegriffen.

Im zweiten Teile meiner Versuche befasste ich mich mit der Einwirkung des Magnetismus auf lichtempfindliche Eisensalze. Zunächst wurden wässerige Lösungen von Eisenverbindungen der Untersuchung unterzogen. Ich liess mir zu diesem Zwecke zwei gleich grosse, oben geöffnete Glaskästchen herstellen, die mit schwarzem Stoffe umgeben waren, so dass in die Gefässe nur von oben Licht eintreten konnte. Eines dieser Gefässe kam nun zwischen die Polschuhe des Elektromagneten zu stehen, so dass der grösste Teil der in ihm befindlichen Lösung in einem magnetischen Felde von ca. 8500 C. G. S. sich befand; das zweite Gefäss stand ausserhalb des Feldes. Die Flüssigkeiten beider Gefässe wurden nun zerstreutem Tageslichte ausgesetzt, und nach einer bestimmten Zeit (6^h—8^h) das durch die Belichtung gebildete Eisenoxydul neben Eisenoxyd nach der Methode von Eder[1]) mit Silbernitrat bestimmt. Zur Untersuchung gelangen wässerige Lösungen von Ferrioxalat, Kaliumferrioxalat und Ferritartrat in verschiedenen Konzentrationen. In allen Fällen konnte kein Einfluss des magnetischen Feldes auf die Lichtempfindlichkeit konstatiert werden; die bald positiven, bald negativen Differenzen zwischen den jeweiligen zwei Proben lagen innerhalb der Fehlergrenzen der chemischen Analysen. Weiter wurden einige dieser Lösungen noch im Dunkelzimmer einem magnetischen Felde von 8500 C. G. S. während 5 Stunden ausgesetzt, auch bei diesen Versuchen war eine Einwirkung des Magnetismus nicht nachweisbar.

Endlich wurden noch in ganz gleicher Weise, wie bei den Silberhalogenpapieren, je zwei verschiedene Sorten von Cyanotyp- und Platinotyppapieren untersucht. Zunächst wurden dieselben sowohl trocken, als auch mit Wasser benetzt unter Lichtabschluss einem Felde von 28000 C. G. S. während 4 bis 5 Stunden ausgesetzt; eine Einwirkung des Feldes war nicht vorhanden. Ferner wurden dünne Streifen der Cyanotyp- und Platinotyppapiere dem zerstreuten Tageslicht so ausgesetzt, dass sich ein Teil der Streifen in einem Felde von 24000 C. G. S. befand. Auch bei diesen Versuchen konnte kein Einfluss des Feldes gefunden werden.

Das Resultat aller Untersuchungen kann kurz in folgendem zusammengefasst werden:

Silberhalogensalze und lichtempfindliche Eisensalze erleiden im magnetischen Felde keine nachweisbare Änderung ihrer chemischen Zusammensetzung. Ebenso kann bei diesen Salzen weder eine Beschleunigung noch Verzögerung der photochemischen Rektionen durch das magnetische Feld nachgewiesen werden.

1) Sitzungsber. der kaiserl. Akad. der Wissenschaft. Wien 1880. Jan.

Zürich, Ende Oktober 1903.

(Eingegangen 28. Oktober 1903.)

Über die krystallinische Struktur der Metalle.

Eine verspätete Reklamation.

Von S. Kalischer.

In den Sitzungsberichten der Berliner Akademie vom 31. Juli 1902 (2. Halbband, S. 936) veröffentlichen die Herren Prof. L. Holborn und Dr. F. Henning eine Arbeit „über Zerstäubung und die Rekrystallisation der Platin-

metalle", deren zweiter Teil den Nachweis erbringen soll, dass angeblich unkrystallinische Blechstreifen dieser Metalle durch hohe Temperatur wieder krystallinisch werden. Sie weisen dies nach durch mikroskopische Abbildungen der so behandelten Metallbleche und bemerken ferner, dass die Krystallstruktur noch mehr hervortritt, wenn man die Blechstreifen mit heissem Königswasser ätzt (S. 940). Da ich nun im Jahre 1882 zwei Arbeiten veröffentlicht habe [1]), die den Verfassern trotz mehrfacher Referate über diese Arbeiten in den dem Physiker zugänglichsten, für solche Zwecke bestimmten Werken unbekannt geblieben sind, in denen aber ihre Resultate und die anderer von ihnen genannten Autoren zum grössten Teile längst vorweggenommen sind, so gestatte ich mir, wenn auch nach längerem Zögern, einiges daraus hervorzuheben.

In der Arbeit „über die Molekularstruktur der Metalle etc.", teile ich die Beobachtung mit, dass Platinblech an und für sich, also ohne geglüht zu werden, eine krystallinische Struktur besitzt, die durch Anätzen mit Königswasser nach längerer Einwirkung auch bei gewöhnlicher Temperatur, bei Erwärmung nach wenigen Minuten hervortritt. „Selbst Platinfolie von 0,025 mm Dicke, die dünnste, welche ich untersucht habe, besitzt krystallinische Struktur; das Aussehen der angeätzten Oberfläche der letzteren ist moiréartig." Andere Platinmetalle als das Platin selbst standen mir nicht zur Verfügung; wenn jedoch die Verfasser am Schluss ihrer Abhandlung bemerken, dass an ungeglühten Stellen der Platinmetalle keine Ätzfiguren erzeugt werden konnten, so kann dies in Bezug auf das Platin selbst nicht richtig sein. [2])

Die Herren Holborn und Henning haben ferner Gold- und Silberblech auf ihre Rekrystallisation untersucht und durch längeres Erhitzen bei 100° unter dem Schmelzpunkte eine solche erhalten. In meiner Arbeit heisst es darüber: „Gewalztes chemisch reines Silber, das ich in Streifen von 0,5 und 0,3 mm Dicke untersuchte, ist nicht krystallinisch, wohl aber, wenn es zur Rotglut erhitzt wird. Die Krystallisation, welche durch Anätzen mit Salpetersäure auftritt, hat ein geblümtes Aussehen ... Auch gewalztes Gold (fein) von 0,25 mm Dicke ist an und für sich nicht krystallinisch, wird es aber zur Rotglut erhitzt, so geht es in den krystallinischen Zustand über, welcher durch Anätzen mit gelinde erwärmtem Königswasser sichtbar gemacht werden kann. Selbst Goldfolie von nur 0,03 mm Dicke wird unter dem Einfluss der Wärme krystallinisch."

Die Verfasser bemerken: „Bei bearbeiteten Metallen kann man eine krystallinische Struktur durch besondere Kunstgriffe wieder zurückrufen", und verweisen auf das 1894 erschienene Buch von Behrens, „das mikroskopische Gefüge von Metallen und Legierungen", der meine Arbeiten auch nicht berücksichtigt. Ich glaube aber thatsächlich zuerst einen dieser Kunstgriffe erkannt und die Beobachtung gemacht zu haben, dass viele gewalzte Metalle durch Erwärmung in den krystallinischen Zustand zurückkehren. „Vielfach gelingt es," heisst es weiter in der Arbeit der Herren Holborn und Henning, „durch lang andauerndes Erhitzen (Anlassen) bei höherer Temperatur, wie es z. B. Ewing und Rosenhain (Phil. Trans. **195**, 279, 1900) mit Blei, Zinn, Zink und Kadmium ausgeführt haben." In Bezug auf diese Metalle in gewalztem Zustande habe ich folgendes gezeigt:

1. Zink wird durch Erwärmung auf eine Temperatur von mehr als 150° krystallinisch.

2. Kadmium verliert durch das Walzen seine krystallinische Struktur nicht völlig. Kadmiumblech von 0,19 mm Dicke ist noch krystallinisch, und es ist wahrscheinlich, dass selbst noch dünner gewalztes Kadmium seine krystallinische Struktur beibehält, da dieselbe durch Aushämmern des Bleches von eben genannter zu 0,08 mm Dicke nicht völlig vernichtet wird. Wie beim Zink kann auch hier die krystallinische Struktur, welche durch Erwärmen des Kadmiums auf 200—250° deutlicher und schöner wird, durch Ätzen mit Kupfervitriollösung leicht und rasch sichtbar gemacht werden. Auch Schwefelsäure, der einige Tropfen Salpetersäure zugesetzt werden, ist hierzu wohl geeignet.

3. Die krystallinische Struktur des gewalzten Zinns wurde ebenfalls durch Ätzen mit Kupfervitriollösung oder Säuren nachgewiesen. Wird dasselbe auf etwa 200° erwärmt, so unterscheidet sich die Krystallisation erheblich von derjenigen des vorher nicht erwärmten Zinns, indem erstere das Ansehen gewinnt, welches man als „moiré métallique" bezeichnet hat.

4. Gewalztes Blei ist krystallinisch, wie sich durch Anätzen in verdünnter Salpetersäure leicht nachweisen lässt.

So ist zu lesen in meiner Arbeit „über die

---

1) Über den Einfluss der Wärme auf die Molekularstruktur des Zinks. Carls Repert. d. Phys. **18**, 193—199; Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. **14**, 2797. — Über die Molekularstruktur der Metalle und ihre Beziehung zur elektrischen Leitungsfähigkeit. Das. 292—303 und **15**, 702—713; Polyt. Notizbl. **38**, 75—86; Journ. d. Phys. [2] **3**, 285. — Referate: Fortschr. d. Phys. **38**, [1], 136; **38**, [2], 831; Beibl. zu d. Ann. d. Phys. **6**, 441.

2) Die Beobachtung der krystallinischen Struktur des Platinbleches hat schon 20 Jahre vor mir Phipson (Jahresbericht über die Fortschr. d. Chemie 1862, S. 229) gemacht. Ich lernte diese Mitteilung freilich erst kennen, nachdem ich selbst die Beobachtung gemacht hatte. Phipson giebt an, dass er seine Platinplatte zwei Monate lang der Einwirkung eines Gemisches von Salpetersäure und Salzsäure ausgesetzt gelassen hatte. Wie oben bemerkt, genügen wenige Minuten, um die krystallinische Struktur zu erkennen.

Molekularstruktur der Metalle etc." vom Jahre 1882. Ausser den bisher genannten Metallen habe ich damals ferner untersucht: Eisen, Kupfer, Messing von verschiedener Zusammensetzung, Legierungen von Kupfer, Zink und Zinn, sogenannte Tombakbleche, zwei Sorten von „Bronze", Neusilber, Stahl, Nickel, Aluminium, Magnesium. Mit Ausnahme der vier zuletzt genannten, erwiesen sich alle diese Metalle im gewalzten Zustande entweder von vornherein mehr oder weniger krystallinisch, oder die krystallinische Struktur liess sich durch Erwärmen wieder hervorrufen. Ich sage, wieder hervorrufen, weil diese Metalle, soweit ich in der Lage war, sie zu untersuchen, im gegossenen Zustande krystallinisch sind. Dagegen habe ich am Aluminium auch in Barrenform und am Nickel in Würfeln eine krystallinische Struktur nicht nachweisen können. Kobalt ist zu spröde, um sich walzen zu lassen, aber es ist auch in Barren unkrystallinisch. Zum Nachweis der krystallinischen Struktur durch Anätzen bediente ich mich entweder direkt der Säuren oder der Fällungsmethode, wie beim Zink, Kadmium und Zinn durch Eintauchen in Kupfervitriollösung, oder des elektrischen Stromes, indem ich das Metall zur Anode in einem geeigneten Elektrolyten machte.

Das Resultat meiner Untersuchungen glaubte ich demnach dahin aussprechen zu dürfen, dass der krystallische oder krystallinische der natürliche Zustand der meisten Metalle ist, der ihnen durch mechanische Einwirkung, den einen leicht, den anderen schwer, einigen vielleicht garnicht, genommen werden kann, und in den viele von ihnen unter dem Einfluss der Wärme wieder übergeführt werden können.

Schliesslich will ich nur noch bemerken, dass ich auch Drähte einiger Metalle untersucht und u. a. gefunden habe, dass Zinkdraht durch Erwärmung auf 300°, Drähte von Platin, Gold und Silber durch Erhitzen zur Rotglut krystallinisch werden.

(Eingegangen 15. November 1903.)

BESPRECHUNGEN.

E. Gumlich, Präzisionsmessungen mit Hilfe der Wellenlänge des Lichts.[1] 4. 16 S. m. 10 Fig. Berlin, C. A. Schwetschke & Sohn. 1903. M. 1,—.

Die Abhandlung stellt sich die Aufgabe, einem breiteren Publikum einige der exaktesten Messmethoden der Physik vor Augen zu führen. Verfasser behandelt das Abbe-Fizeausche Dilatometer, die Auswertung des Normalmeters in Wellenlängen des Lichtes durch Alb. A. Michelson und die Methode der Dickenmessung und das Interferenzspektrometer von Perot und Fabry. Es ist ihm gelungen, diese eleganten und geistreichen Beobachtungsmethoden einfach und unter Zuhilfenahme nur elementarer Hilfsmittel zu erklären. Gute Abbildungen erleichtern das Verständnis.

Während die meisten populären Vorträge die Physik im Glanze ihrer Erfolge zeigen, ist diese Darstellung geeignet, Achtung und Bewunderung für die Methode ihrer Arbeit zu erwecken.

H. Schwienhorst.

1) Vorträge und Abhandlungen herausgegeben von der Zeitschrift „Das Weltall" unter Leitung von F. S. Archenhold. Heft III.

(Eingegangen 15. Juli 1903.)

Fritz Thümmler, Fliehkraft und Beharrungsregler. 153 S. mit 21 Fig. Berlin, Julius Springer. 1903. M. 4,—.

Die Arbeit bezeichnet sich selbst als einen Versuch, mit Hilfe des den Technikern geläufigen Tolleschen Regulatordiagrammes die Fragen der Kraftmaschinenregulierung zu beantworten. Es gelingt dem Verfasser thatsächlich, die von Wischnegradsky, Stodola, Leauté, Lecornu und anderen gefundenen Erkenntnisse auch auf diesem Wege zu gewinnen, und es kann nicht geleugnet werden, dass die Thümmlersche Darstellung alle diejenigen befriedigen wird, die, ohne weitergehende Anwendung der Methoden der analytischen Mechanik machen zu wollen, eine Einführung in das so schwierige Gebiet der Kraftmaschinenregulierung wünschen. Dagegen muss betont werden, dass eine Beurteilung komplizierterer Regulieranordnungen, wie Turbinen mit Servomotorregler, sowie die genauere Diskussion unstetiger Regulierungsvorgänge unter Berücksichtigung der Eigenreibung von Maschine und Regulator stärkere Mittel notwendig machen, als die hier gebotenen. Doch scheint dem Referenten eine Ausdehnung der Regulatortheorie nach dieser Richtung, die vom Verfasser Th. übrigens nur angedeutet wird, vorläufig nicht am Platze zu sein, solange nicht die bisher erhaltenen theoretischen Ergebnisse durch eingehende Versuche mit dem wirklichen Verhalten der Maschinen verglichen sind.

W. Hort.

(Eingegangen 28. August 1903.)

B. Donath, Physikalisches Spielbuch für die Jugend, zugleich eine leichtfassliche Anleitung zu selbständigem Experimentieren und fröhlichem Nachdenken. gr. 8. XVI u. 547 S. mit 156 Abbildungen. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1902. Gebdn. M. 6,—.

Ein allerliebstes Buch ist hier geschaffen, zunächst für die deutsche Jugend bestimmt,

aber geeignet, in ihr eine Saat zu säen, die reiche Früchte für die reifen Jahre verspricht. Der Verfasser versteht es, mit einem meisterhaften pädagogischen Geschick, seine jungen Leser zum Experimentieren und „fröhlichen Nachdenken" anzuleiten, Unterhaltung und Belehrung, Spiel und Arbeit so ineinander zu verschmelzen, dass ein bleibender Gewinn, eine dauernde Schulung des physikalischen Instinktes, der folgerichtigen Erfassung und Ordnung äusserer Erlebnisse erreicht wird. Dabei wird die Klippe glücklich vermieden, an der diese Art des Unterrichtes auch in der Schule oft scheitert; das Experiment verliert sich nirgendwo in leere Spielerei, sondern bleibt eine zielbewusste Fragestellung an die Natur, wenn auch in der Form des Spiels. Alle Apparate werden mit einfachsten Mitteln selbst gefertigt, die Anleitung hierzu ist ebenso trefflich, wie der ganze Aufbau des Buches und die Diskussion der Versuche. Der frische fröhliche Zug der Darstellung sei noch besonders gerühmt, der den jungen Experimentator zum thätigen Anfassen hinreisst. Auch der erwachsene Physiker findet manche wertvolle Anregung für seine Demonstrationen in dem Buche. Auffällig erscheint mir auf S. 280 die Schreibweise „Fixierspiegel". Sollte nicht „Vexierspiegel" die richtige Etymologie sein?

H. Th. Simon.

(Eingegangen 1. September 1903.)

A. Reychler, Physikalisch-chemische Theorien. Nach der dritten Auflage des Originals bearbeitet von Dr. B. Kühn. gr. 8. XII und 389 Seiten. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1903. Mk. 9,—.

Das französische Original des vorliegenden Werkes hat in wenig Jahren drei Auflagen erlebt und dadurch seine Brauchbarkeit dokumentiert. Ob bei der grossen Anzahl vorzüglicher deutscher Bücher über physikalische Chemie ein Bedürfnis vorlag, ein ausländisches Werk ins Deutsche zu übersetzen, lässt sich vielleicht bezweifeln, doch ist die Anordnung des Stoffes so eigenartig, dass die Übersetzung sich immerhin rechtfertigen lässt. Das Werk soll keineswegs ein ausführliches Lehrbuch, sondern mehr eine Art einfacher Einführung in die physikalische Chemie sein. Es zerfällt in fünf Hauptteile, von denen die drei letzten sich eng dem belgischen Originale anschliessen, während der zweite und besonders der erste Teil freier bearbeitet sind. Teil I behandelt die Grundgesetze, Teil II den gasförmigen, flüssigen und festen Aggregatzustand und die Lösungen. Teil III zerfällt in die Abschnitte Thermochemie, Elektrochemie und Natur der Salzlösungen, Teil IV umfasst die chemische Mechanik mit den Unterabschnitten: Gleichgewichtszustände, Reaktionsgeschwindigkeit, Dissoziationsgrad und chemische Affinität und Fortsetzung zum Studium der Gleichgewichte. Der letzte Hauptteil behandelt die Thermodynamik in allgemeinen Betrachtungen und Anwendungen. Unrichtigkeiten sind dem Referenten nicht aufgefallen ausser der Betrachtung über die Wasserzersetzung durch Elektrolyse auf den letzten Seiten des Buches. Emil Bose.

(Eingegangen 19. September 1903.)

Michael Faraday, Experimentaluntersuchungen über Elektrizität. XVI. bis XIX Reihe. Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Heft 134 (XVI. und XVII. Reihe) 103 S. mit 18 Fig. im Text. Mk. 1,60 und Heft 136 (XVIII. und XIX. Reihe). 59 S. mit 11 Fig. im Text. M. 1,20. Leipzig, Wilh. Engelmann. 1903. M. 2,80.

Die vorliegenden beiden Bändchen von Ostwalds Klassikern liefern die Fortsetzung von Faradays ausgezeichneten Experimentaluntersuchungen über Elektrizität. In dem ersten der Hefte, in den Untersuchungsreihen XVI und XVII, tritt Faraday, wie schon in der sechsten bis achten Reihe seiner Untersuchungen in den Kampf zwischen chemischer Theorie und Kontakttheorie der galvanischen Ströme ein und kämpft mit grosser Energie und unter Entwickelung all seiner Hilfsmittel gegen die Kontakttheorie. Nur die chemische Theorie der Voltaschen Ströme macht die Erscheinungen verständlich und erspart die Einführung zahlreicher, zum Teil sehr unwahrscheinlicher Annahmen. Zweifellos würden diese Untersuchungen Faradays der Kontakttheorie schon weit früher den Todesstoss versetzt haben, als es so geschehen ist, wenn Faraday mehr Freude am nachdrücklichen Polemisieren gehabt und die elektrometrischen Versuche der Kontakttheoretiker in ihrer ganzen Schwäche gründlich blossgestellt hätte. Die mehr chemische Art von Faradays Beweisführung machte auf die Physiker der damaligen Zeit nur wenig Eindruck.

Die XVIII. Reihe von Faradays Untersuchungen, mit welcher das zweite der neuerschienenen Heftchen beginnt, handelt von der Elektrizitätserregung durch Reibung von Wasser und Dampf an anderen Körpern, behandelt also die Dampfelektrisiermaschine. Reihe XIX endlich enthält Faradays grundlegende Arbeit über die elektromagnetische Drehung der Polarisationsebene, eine der interessantesten aus der grossen Reihe von Faradays Entdeckungen. Der Titel der Arbeit: „Über die Magnetisierung des Lichtes und die Belichtung der Magnetkraftlinien" ist etwas unverständlich, wie auch ein Teil der Abhandlung in sehr schwer fasslicher Form geschrieben ist. Bewundernswert ist hier

wie stets an den Faradayschen Arbeiten die phänomenale experimentelle Begabung, die überall zu Tage tritt. Emil Bose.

(Eingegangen 19. September 1903.)

A. Frhr. v. Hübl, Die Ozotypie. Ein Verfahren zur Herstellung von Pigmentkopieen ohne Übertragung. (Encykl. d. Phot. Nr. 47). 8°. 44 S. Halle, Wilhelm Knapp. 1903. 2 Mk.

Die Ozotypie ist ein Pigmentverfahren, bei dem das Chrombild auf dem Übertragspapier hergestellt wird, welches beim nachherigen Aufquetschen des Pigmentpapiers die Gelatine teilweise unlöslich macht und festhält. v. Hübl stellt hier eine Theorie auf und giebt Anleitung zur Arbeit, in der Meinung, das Verfahren könne eine anwendbare Kopiermethode abgeben. Die Theorie steht noch keineswegs fest genug und insofern hat die Sache einiges Interesse; für wissenschaftliche Zwecke scheint die Ozotypie wegen der unvermeidlichen Unschärfe dauernd unbrauchbar; der Name rührt daher, dass der Erfinder Manly die Gerbung der Gelatine für Ozonwirkung hielt, was natürlich falsch ist. Auf die Verwandtschaft mit Ostwald-Gros' Katatypie, bei der das ursprüngliche Bild aus teilweise reduziertem Wasserstoffsuperoxyd besteht, sei im Vorbeigehen vom Ref. hingewiesen. E. Englisch.

(Eingegangen 27. September 1903.)

F. Stolze, Chemie für Photographen. Unter besonderer Berücksichtigung des photographischen Fachunterrichtes. (Encykl. d. Phot. Nr. 46.) 8°. 179 S. Halle, Wilhelm Knapp. 1903. 4 Mk.

Zusammenstellung des photographisch Wichtigsten aus der Chemie für Fortbildungsschulen. E. Englisch.

(Eingegangen 27. September 1903.)

A. Classen, Ausgewählte Methoden der analytischen Chemie. II. Band. Unter Mitwirkung von H. Cloeren. gr. 8. Mit 133 Abbildungen und 2 Spektraltafeln. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn. 1903. Geb. 20 Mk.

Durch das Erscheinen des vorliegenden Bandes wird das dankenswerte Unternehmen des Verfassers, eine umfangreiche Auswahl analytischer, für die Praxis brauchbarer Methoden zu treffen, zum Abschlusse gebracht. Der Inhalt des Bandes gliedert sich in folgende Kapitel: Sauerstoff, Ozon, Wasserstoff, Wasserstoffsuperoxyd, Schwefel, Chlor, Brom, Jod, Fluor, Stickstoff, Explosivstoffe, Argon, Helium, Phosphor, Bor, Silicium, Kohlenstoff, Kohlenoxyd, Kohlendioxyd, Percarbonate, Cyanwasserstoff, Elementaranalyse organischer Verbindungen. Die Behandlungsweise ist derart gestaltet, dass zunächst die allgemeinen Eigenschaften, sodann der qualitative und quantitative Nachweis und schliesslich spezielle Methoden für bestimmte Fälle angegeben sind. Diese letzten sind in ausgedehntem Masse berücksichtigt, wodurch dieser Band, ebenso, wie der erste, den Bedürfnissen des Praktikers weitgehend entgegenkommt. So wird beispielsweise in dem Kapitel „Wasserstoff" die Analyse des Wassers und der Mineralwasser eingehend berücksichtigt, in dem Kapitel „Schwefel" die technische Schwefelsäureanalyse; ferner die Untersuchung von Düngemitteln, von Carbiden, von Produkten der Gasindustrie und anderes. Dem Einteilungsprinzipe entsprechend sind die gewichtsanalytischen, titrimetrischen und volumetrischen Methoden nebeneinander abgehandelt. Die letzteren sind der Natur der Sache nach besonders eingehend erörtert in den Artikeln: Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und besonders Cyanwasserstoff, unter welcher Überschrift auch die Analyse des Methans und anderer Leuchtgasbestandteile beschrieben ist. Die in dem Werke vorliegende Zusammenstellung des reichen Materiales kann demnach in vielen Fällen von der Benützung spezieller Bücher über Gewichts-, Titrir- oder Gasanalyse unabhängig machen und wird seiner Bestimmung gemäss als Hilfsmittel in technischen und wissenschaftlichen Laboratorien verschiedenster Gattung verdiente Schätzung finden.

Die Darstellung hält sich fast durchweg von theoretischen Betrachtungen frei; dementsprechend macht auch die Ausdrucksweise unseren neueren wissenschaftlichen Anschauungen kaum jemals Konzessionen. So sehr auch diese weitgehende Ignorierung in einem Lehrbuche der analytischen Chemie zu beklagen wäre, so annehmbar andererseits bei einer Methodensammlung scheint sie. In manchen neueren litterarischen Erscheinungen ist die Ionennomenklatur in extremer und ängstlicher Sorgfalt auch dort durchgeführt, wo der Zusammenhang eine derartige Prononzierung nicht erfordert. Im Hinblick hierauf und zu Gunsten der in dem vorliegenden Werke befolgten Methode möchte der Referent auf den folgenden Ausspruch von Berzelius hinweisen: „Einige Chemiker haben geglaubt, man müsse, um recht konsequent zu sein, die alten Namen der Alkalien und Erden nach den neuen Namen des Metalls auf die Art ändern, dass man statt Kali Kaliumoxyd, statt Kalkerde Calciumoxyd sagen solle; indes kann man dabei argwöhnen, dass hierbei weniger ein Bestreben nach strenger Konsequenz zu Grunde liege, als vielmehr die Sucht, in Ermangelung anderer Mittel, durch neue Wörter Aufsehen zu erregen. Es wäre gewiss ebenfalls prinzipgemäss, Wasserstoffoxyd statt Wasser

zu sagen; so weit indessen hat es keiner versucht, diese unnütze Konsequenz zu treiben."

W. Biltz.

(Eingegangen 7. Oktober 1903.)

Wilhelm Wundt, Gustav Theodor Fechner. Rede zur Feier seines hundertjährigen Geburtstages. gr. 8. 92 S. mit Beilagen und 1 Abbildung des Fechnerdenkmals. Leipzig, Wilhelm Engelmann. 1901. Mk. 2,—.

Leben und Arbeit Fechners sind in neuerer Zeit mehrfach ausführlich geschildert worden. Hier wird von dem dazu Berufensten das Wesentliche in formschöner und eindrucksvoller Rede zusammengefasst. Der leitende Gedanke dabei ist, den Beziehungen nachzugehen, die zwischen den Arbeiten Fechners auf den Gebieten der exakten Forschung und jener eigenartigen Weltanschauung bestehen, die uns in seinen allgemeinen Werken entgegentritt. Es ergiebt sich als Resultat von allgemeinem Interesse, dass es Fechner — nachdem er seine Weltanschauung gefunden hat — immer nur um diese zu thun war. Nicht sein Ziel, nur die Taktik seines Vorgehens hatte er geändert, als er vom Zendavesta sich zur Psychophysik wandte. Denn auch diese war für ihn nichts anderes, als der umfassendste und gründlichste Versuch, den er unternommen, die in dem Zendavesta entworfene Weltanschauung nach der Seite der von ihr geforderten Beziehungen zwischen körperlicher und geistiger Welt exakt zu begründen. Die Weiterentwickelung der Psychophysik freilich hat sich um Fechners metaphysische Spekulationen so wenig gekümmert, wie die Astronomie um die Phantasien Keplers, die ihn bei der Aufstellung seines dritten Gesetzes leiteten.

A. Coehn.

(Eingegangen 14. Oktober 1903.)

W. Borchers, Elektro-Metallurgie. Die Gewinnung der Metalle unter Vermittlung des elektrischen Stromes. Dritte, vermehrte und völlig umgearbeitete Auflage. Zweite Abteilung. gr. 8. S. 289—578 mit 86 Textabbildungen. Leipzig, S. Hirzel. 1903. Preis des vollständigen Werkes M. 20,—.

Seit dem Erscheinen der zweiten Auflage dieses schon rühmlichst bekannten Buches sind in der Elektrometallurgie grosse Fortschritte gemacht worden. Dieser Entwickelung entsprechend ist die dritte Auflage bedeutend erweitert und viele Kapitel sind zum Teil weitgehend umgearbeitet.

Die vorliegende zweite Abteilung umfasst die Gewinnung der Schwermetalle ausser Kupfer und Nickel, die schon in der ersten Abteilung besprochen wurden. Die Anordnung des Stoffes ist sehr übersichtlich. Die Eigenschaften und das Vorkommen der Metalle werden erwähnt, die hüttenmännische Gewinnung kurz beschrieben, und dann die elektrothermischen und elektrolytischen Verfahren und Vorschläge zur Gewinnung und Reindarstellung der Metalle eingehend besprochen und kritisiert. Besonders erschöpfend ist die Behandlung der jetzt so wichtigen elektrolytischen Scheidung der Edelmetalle.

In einem Anhang ist die Geschichte des Calciumcarbids dargestellt und die Herstellung der Metallcarbide erwähnt.

Der Verfasser ist bemüht gewesen, den Errungenschaften der letzten und allerletzten Zeit Rechnung zu tragen. Da die elektrochemische Technik mit Veröffentlichungen sehr sparsam sein muss, war der Verfasser gezwungen, durch zahlreiche Laboratoriumsversuche die oft widersprechenden Litteraturangaben nachzuprüfen, um über die Verhältnisse in der Praxis einige Klarheit zu schaffen. In diesem seinem Bestreben, eine vollständige und erschöpfende Darstellung zu bringen, ist der Verfasser von angesehenen Fachgenossen unterstützt worden, die sowohl Betriebsergebnisse als Versuchsresultate in vorbildlicher Weise und in ausgedehntem Masse zur Verfügung gestellt haben. Besonders die Kapitel über Edelmetallscheidung und Eisendarstellung sind dadurch sehr interessant und reichhaltig geworden; dem Buche ist durch diese Beiträge noch grösserer Wert gegeben.

Die erwähnte Schwierigkeit, aus der elektrochemischen Technik zuverlässige Angaben zu erhalten, hat den Verfasser genötigt, seine Urteile auf Grund von Laboratoriumsversuchen abzugeben. Ohne mit dessen Schlussfolgerungen immer einverstanden zu sein, muss man doch die grosse Arbeit und die weitgehenden Kenntnisse des Verfassers vollauf anerkennen. Aber abgesehen von dem Wert dieser vielfach benutzten Grundlage ist es fraglich, ob die Registrierung der vielen mehr oder weniger resultatlosen Versuche in den Rahmen eines Lehrbuches passen. Andererseits geht die allerdings sehr schwierige, kritische Auswahl etwas zu weit, um dem Buche den vollen Wert als Handbuch beilegen zu können. Um nur ein Beispiel herauszunehmen, ist unter Zink das theoretisch ganz interessante Verfahren von Darmstädter nicht erwähnt. Auch hat der Verfasser für das Verfahren von de Laval keinen Platz gefunden, und es wird doch jetzt bekanntlich im grossen danach gearbeitet. Bei dieser Gelegenheit möchte Ref. nicht unterlassen, auf die Besprechung des Patentes Dorsemagen hinzuweisen, in welcher durch eine wenig glückliche Redaktion der Anschein erweckt wird, dass die Reduktionstemperatur der Kieselsäure sich von der des Zinkoxyds kaum unterschiede; in Wirklichkeit liegt sie aber bedeutend höher.

Bei der ständig anschwellenden Menge von Thatsachenmaterial aus der Elektro-Metallurgie würde es dem Buche nur vorteilhaft sein, wenn Ergebnisse von Laboratoriumsversuchen nur soweit Berücksichtigung finden werden, als sie Einfluss auf die Technik haben oder gehabt haben. Hier die Grenze zu treffen ist schwer und der Verfasser hat absichtlich vieles aufgenommen, da ja auch misslungene Versuche, wie er selbst bemerkt, sehr lehrreich sind.

Die früheren Auflagen der „Elektrometallurgie" von dem bekannten Fachmanne haben sich schon viele Freunde erworben. Die jetzt vollständig erschienene dritte Auflage wird nicht verfehlen, diese zu erhalten und neue zu finden. Das Buch kann denjenigen, die sich über den jetzigen Stand der Elektrometallurgie orientieren oder einzelne Gebiete derselben studieren wollen, nicht genügend empfohlen werden.

Von dem Verlag ist das Buch gut und solid ausgestattet. Erling Nilsen.

(Eingegangen 5. November 1903.)

Heinz Bauer, Telegraphie ohne Draht, Röntgenstrahlen, Teslalicht. Eine Einführung in die neueren elektrophysikalischen Forschungen und deren praktische Ausgestaltung. 8°. 230 S. mit 98 Abbildungen. Berlin, Carl Duncker. 1903. M. 4.—.

Das Buch will „den Technikern, Lehrern und Studierenden eine kleine Grundlage schaffen, von der aus sie, ohne zu weit zurückgreifen zu müssen, in das Spezialstudium eintreten können, dem Laien aber einen ausreichenden Überblick gewähren über die bisherigen Resultate" auf den in der Überschrift bezeichneten Gebieten. Besonders letzteres wird es jedenfalls gut erfüllen, da das Buch sehr elementar gehalten ist und durch geschickt gewählte Bilder aus der Mechanik, Akustik, Optik, auch die komplizierteren elektrischen Vorgänge in einer dem Laien verständlichen Form vorträgt. Grosse Sorgfalt ist auch der durch zahlreiche Abbildungen unterstützten Beschreibung der Apparate gewidmet.

Im ersten Teile des Buches behandelt der Verfasser Entstehung und Wesen elektrischer Wellen und giebt eine eingehende Beschreibung der verschiedenen Systeme der drahtlosen Telegraphie; auch die neuen Versuche von Fessenden sind — in einem besonderen Nachtrag — besprochen. Der zweite Teil bespricht in historischer Reihenfolge, mit den ältesten Beobachtungen an Geisslerröhren beginnend, die Kathodenstrahlen, Röntgenstrahlen und die Becquerelstrahlen und schliesst mit einer ausführlichen Beschreibung der neuesten Röntgenstrahlen-Instrumentarien. Der dritte Teil behandelt die bekannten Teslaversuche.

In Anmerkungen giebt der Verfasser kurze Lebensbeschreibungen der bedeutendsten Forscher auf den betreffenden Gebieten und für einige Erscheinungen kurze mathematische Erläuterungen. M. Reich.

Christian Huyghens, Abhandlung über das Licht, worin die Ursachen der Vorgänge bei seiner Zurückwerfung und Brechung und besonders bei der eigentümlichen Brechung des isländischen Spathes dargelegt sind. Herausgegeben von E. Lommel. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Heft 20, 2. Auflage, durchgesehen und berichtigt von A. J. v. Oettingen. 8. 115 S. m. 57 Fig. Leipzig, W. Engelmann. 1903. M. 2.—

Es ist eine besonders glänzende Bestätigung für den hohen Wert der Klassikerausgaben, dass schon das Bedürfnis nach zweiten Auflagen sich geltend macht, und es bedarf kaum der Worte, um an dieser Stelle auf die hohe Bedeutung der vorliegenden grundlegenden Abhandlung zur Wellentheorie des Lichtes hinzuweisen. Ausser der von Huyghens selbst seiner Abhandlung vorausgeschickten Vorrede finden wir in den sechs Hauptabschnitten des Büchleins behandelt: 1. Die geradlinige Ausbreitung der Strahlen; 2. Die Reflexion; 3. Die Brechung; 4. Die atmosphärische Strahlenbrechung; 5. Die eigentümliche Brechung des isländischen Spathes, und 6. Die Gestalt der durchsichtigen Körper, welche zur Brechung und Zurückwerfung dienen. Die angehängten biographischen Notizen über Huyghens, sowie die Anmerkungen zur Abhandlung sind von dem Herausgeber der ersten Auflage, E. Lommel, abgefasst, die zweite Auflage wurde durchgesehen und berichtigt von A. J. v. Oettingen. Emil Bose.

(Eingegangen 19. September 1903.)

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Ernannt wurden Dr. Klüss zum etatsmässigen Chemiker an der Bergakademie in Berlin und der Privatdozent der Mech. Techn. Dr. Osann an der Bergakademie in Berlin zum etatsmässigen Professor an der Bergakademie Clausthal, der Privatdozent der Chemie an der Universität Königsberg, Professor Dr. Kippenberger, und Professor Dr. Georg Frerichs von der Technischen Hochschule in Braunschweig zu a. o. Professoren für Chemie an der Universität Bonn.

In Brünn habilitierte sich Dr. Ehrenfeld an der deutschen technischen Hochschule für analytische Chemie, in Breslau Dr. W. Berndt für Physik.

Professor Hittorf-Münster hat die Royal Society in London die Hughes-Medaille verliehen für die Untersuchung der Erscheinungen, die bei elektrischen Entladungen in Gasen und Flüssigkeiten zu Tage treten, sowie für Untersuchungen der Spektren von Gasen unter den gleichen Bedingungen.

Die Royal Meteorological Society in London verlieh dem Hofrat Professor Dr. Julius Hann die goldene H. J. Simon-Medaille.

Für die Redaktion verantwortlich E. Bose in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.